N° 20 30 OCTOBRE 1935

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : Louis OLIVIER (1890-1910) — DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS (1910-1923)

DIRECTEUR : Louis MANGIN, Membre de l'Institut, Directeur honoraire du Muséum national d'Histoire naturelle

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Docteur Gaston DOIN, 8, place de l'Odéon, Paris.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Congrès international des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée.

(Paris, 21 octobre 1935.)

En présence de M. le Président de la République, la VIIe session du Congrès international des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée, s'est ouverte le 21 octobre dernier, à la Sorbonne, sous la présidence de M. le Ministre de l'Education nationale, avec l'assistance de plus de 450 délégués étrangers et français.

Le Président du Congrès, M. Léon Guillet, Membre de l'Institut, Directeur de l'Ecole centrale des Arts et Manufactures, a prononcé un discours d'ouverture dans lequel il a retracé les progrès acquis depuis 1900 par l'industrie minière et métallurgique, et dont il a bien voulu nous permettre d'extraire, pour la Revue générale des Sciences, *le passage suivant :*

Si nous jetons un très rapide coup d'œil sur la situation économique de nos industries depuis le dernier Congrès de Paris, c'est-à-dire depuis trente-cinq années, nous notons les faits suivants :

Le nombre actuel d'ouvriers occupés dans les Mines est estimé, pour le monde entier, à cinq millions.

Dans les mines de houille, en Allemagne, Etats-Unis, France et Grande-Bretagne, il était de :

1.798.000 en 1900;
2.588.000 en 1913;
2.442.800 en 1929;
1.851.100 en 1934.

La quantité de combustibles solides (houilles et lignites) extraite dans le monde s'élevait à :

765.900.000 tonnes en 1900;
1.341.200.000 tonnes en 1913;
1.524.500.000 tonnes en 1929;
1.267.000.000 tonnes en 1934.

Entre 1900 et 1930, la production des combustibles solides dans le monde a donc presque doublé.

Si nous examinons, d'une façon non moins brutale, l'évolution de la production métallurgique, nous rencontrons les chiffres suivants qui établissent une comparaison entre les productions mondiales de 1900 et 1930 (en tonnes) :

	Fonte	Acier	Cuivre	Plomb	Zinc	Aluminium	Etain	Nickel
1900	41.300.000	28.342.000	490.000	832.000	472.000	7.803	76.000	7.600
1930	79.900.000	95.092.000	1.577.300	1.646.200	1.400.000	269.000	180.900	54.000
Rapport : $\frac{1930}{1900}$	1,95	3,36	3,21	1,97	2,97	34,48	2,38	

Nous avons vu se créer la métallurgie du magnésium et des métaux alcalins et nous assistons à la naissance de celle du glucinium.

Je n'aurai garde de discuter ici l'influence de ce développement remarquable des industries minières et métallurgiques sur la cise économique mondiale et encore moins sur le bonheur de l'humanité.

Je veux seulement constater que, dans cette période trentenaire, en même temps qu'augmentaient la production, les moyens de fabrication, les méthodes de transformation prenaient une orientation tout à fait scientifique.

Faisons une revue très brève de ces progrès, et ici, je tiens à remercier les Présidents, MM. Cayeux et Portier, les Secrétaires, MM. Blondel et Lahoussaye, qui m'ont donné, des points de vue géologique et minier, les plus précieux renseignements.

Il n'est pas, dans les Annales de l'art des Mines, de période où la technique minière ait subi d'aussi profondes modifications en vue, d'une part d'améliorer le rendement de la main-d'œuvre qui entre pour un pourcentage élevé dans les frais d'extraction, d'autre part de rendre rentables les exploitations de minerais pauvres par le développement considérable de l'outillage mécanique sous ses formes les plus diverses.

Les énormes pelles mécaniques des chantiers à ciel ouvert, de même que les dragues fouillant les rivières à grande profondeur permettent maintenant l'extraction annuelle par quelques hommes de millions de mètres cubes de matériaux.

Dans les exploitations souterraines, on assiste depuis vingt ans à une généralisation des engins d'abattage pneumatiques ou électriques : haveuses, marteaux, non moins que des procédés de transport : couloirs oscillants, convoyeurs, râcleurs, chargeurs. En réduisant ainsi les travaux accessoires on a concentré tout l'effort du mineur sur l'abattage proprement dit et augmenté dans de notables proportions le rendement de la main-d'œuvre.

De tels moyens ont automatiquement conduit aux longs fronts de taille, c'est-à-dire à la concentration de la production sur un petit nombre de chantiers avec toutes ses conséquences immédiates : diminution des voies de roulage, réduction du personnel occupé à l'entretien. Les longues tailles, là où le remblayage était de règle, ont nécessité un appport plus important de matériaux étrangers, et par sutie d'autres moyens de combler les vides. A côté du remblayage hydraulique se sont développés les procédés pneumatiques et mécaniques de mise en place des matériaux. L'étude des pressions de terrains a fait ressortir les avantages du foudroyage systématique et du remblayage partiel. Dans ce domaine, les nombreuses communications présentées à ce Congrès et concernant les gîtes les plus divers suffisent à montrer l'intérêt de la question. L'exploitation des couches puissantes et des amas minéraux, mettant à profit toute la mécanique minière, s'est également lancée dans la voie des réalisations audacieuses. L'exploitation par tranches uni-descendantes, avec boisage préalable à la sole, s'étend chaque jour, et laisse entrevoir là aussi des possibilités de foudroyage.

Une concentration de l'extraction n'est possible qu'à la condition de mettre en œuvre de puissants moyens d'évacuation des produits.

En moins de 15 ans, on a assisté dans tous les pays et dans les Mines les plus diverses au développement du chargement mécanique et au remplacement du cheval par les traînages, les locomotives à air comprimé ou électriques, et enfin tout récemment par les tracteurs Diesel. A la surface, les roulages automatiques, sur des distances de plus de 20 km. ont reçu quelques applications.

Au point de vue des dangers de la mine, grisou, poussières, combustibles, explosifs, le monde minier n'a pu que se féliciter de cette collaboration si féconde qui s'est établie entre les stations expérimentales des divers pays et qui, par les remarquables travaux de savants éminents, a permis de mieux connaître les causes et le mécanisme des explosions, c'est-à-dire les moyens de les éviter. A l'origine de ces recherches est attaché le nom de notre Vice-Président, M. Taffanel.

Dans l'équipement des puits les progrès n'ont pas été moins importants. Les machines d'extraction ont été perfectionnées avec le souci d'accroître la sécurité de marche malgré des charges et des vitesses toujours accrues. Du côté des câbles d'extraction, ces dernières années furent fécondes en enseignements grâce aux remarquables études poursuivies dans divers pays au moyen des procédés d'investigation les plus modernes. On connaît mieux les fils d'acier, leurs causes de détérioration et là encore la sécurité s'en trouve accrue.

La préparation des produits extraits soit en vue de l'enrichissement des minerais soit dans le but de fournir à la consommation des combustibles de plus en plus pur s'est perfectionnée d'une façon continue. Non seulement on lave mieux, mais l'épuration pneumatique gagne chaque jour du terrain. Enfin la flottation, qui est loin d'avoir révélé tous ses secrets, étend constamment son champ d'action, grâce à de nouveaux réactifs et à son adaptation aux minerais les plus divers et les plus complexes.

Les patients travaux de nos chimistes ont sensiblement étendu la gamme des houilles à coke. La semi-distillation est devenue une opération industrielle du plus grand intérêt par les produits qu'elle fournit. L'hydrogénation des goudrons et du charbon lui-même n'est plus une opération de laboratoire. De ce côté, toutes les perspectives sont ouvertes. Enfin, l'on a vu, grâce aux méthodes synthétiques modernes, les industries minières prendre une part des plus actives dans les fabrications chimiques, créant notamment les magnifiques usines d'engrais azotés et édifiant les stations d'essais qui, demain, seront de vastes usines pour la préparation des essences.

Dans le domaine du pétrole, les méthodes de forage se sont améliorées, on a atteint presque 4.000

mètres. Grâce à la substitution des appareils du type rotary à des outillages plus anciens, les vitesses ont été décuplées dans bien des cas.

L'exploitation des gisements par sondage a réalisé de très grands progrès par l'emploi des boues lourdes au cours du forage, par la suppression du pistonnage et de la cuillère. Le gaspillage résultant du jaillissement libre a été presque partout supprimé.

Les méthodes de récupération du pétrole resté dans les gisements après épuisement par pompage des gaz moteurs sont nées et se sont développées durant ces vingt dernières années. On arrive ainsi à doubler l'extraction de certains sables par la remise en pression du gisement, par le drainage au moyen de puits et galeries parfois même par l'inondation artificielle.

Enfin, on sait mieux utiliser le pétrole brut à des fins industrielles.

Ces améliorations techniques, en permettant à la production mondiale du pétrole brut et surtout des carburants de se relever dans des proportions considérables ont été pour une bonne part, il faut bien le reconnaître, dans les difficultés économiques subies au cours de ces dernières années par l'industrie pétrolière.

Les industries minières ont été, d'ailleurs, puissamment aidées par le développement scientifique des méthodes de recherches géologiques.

Il était de bon ton autrefois d'opposer le prospecteur ignorant au géologue trop savant. Les belles réussites des recherches de pétrole de l'Amérique ou des prospections de cuivre de l'Afrique avaient déjà montré combien erronée était cette opinion. Les gisements encore inconnus dans le monde ne sont probablement pas aussi évidents que ceux qui sont actuellement exploités; et, pour les découvrir, il faudra faire appel à des méthodes plus rationnelles que celles du flair du pittoresque prospecteur de l'ancien temps. On est heureux de constater qu'à l'exemple de nos amis belges et anglais, les gouvernements coloniaux français ont compris l'avantage ou, pour mieux dire, la nécessité de telles méthodes et ont mis sur pied des programmes d'exploration systématique de ces larges territoires africains encore remplis de mystère.

D'autre part, des efforts sans cesse renouvelés sont tentés, à la suite des plus grands noms de la géologie appliquée, les de Launay, les Cornet, les Lindgren, les Niggli, pour ne citer que quelques-uns des maîtres, afin d'éliminer progressivement et dans la mesure où cela est possible, la notion de hasard de la science des gisements minéraux. L'idéal serait évidemment d'introduire dans ce domaine si obscur encore les clartés que la chimie physique a prodiguées par ailleurs; c'est dans cette voie que les plus hardis des théoriciens de la géologie appliquée se sont engagés sans en méconnaître d'ailleurs les difficultés dues à la complexité qui entoure toujours les problèmes posés par la nature trop riche de possibilités. Déjà des progrès et des simplifications sont entrevus, bien qu'il reste beaucoup à faire; en tout cas, ces recherches théoriques ont eu l'heureux résultat de montrer mieux encore qu'on ne le soupçonnait autrefois l'étroite intimité qui existe entre la pétrographie et la science des gisements minéraux.

L'emploi de nouvelles méthodes d'études microscopiques des minerais a déjà apporté en peu d'années des résultats théoriques et pratiques si importants que l'on peut lui promettre sans hésitation un développement extrêmement brillant. Là aussi de longues et patientes études sont encore nécessaires; mais le passé est un sûr garant de l'avenir.

A côté de ces travaux qui visent surtout l'étude des gisements, la géologie appliquée moderne s'est caractérisée par son extension dans des domaines qu'elle avait peu explorés jusqu'alors. Si, depuis toujours, on s'est préoccupé de la recherche des eaux, et spécialement des eaux minérales, en revanche l'étude géologique systématique des problèmes posés par les travaux publics est de date plus récente, commandée surtout par le grand développement des installations hydro-électriques modernes.

Si imparfait, si incomplet que soit ce tableau trop schématique, il montre cependant que dans ce domaine un effort patient, continu et fructueux est tenté pour arracher à l'empirisme trop facile et d'ailleurs peu efficace certaines techniques essentielles à l'économie moderne.

Cette même caractéristique, nous la trouvons plus accentuée encore, dans les industries métallurgiques qu'il s'agisse des procédés d'extraction des métaux, de leurs minerais ou de leur affinage, de la préparation des alliages ou de leurs traitements.

Sans doute ne s'est-il pas produit, dans ces toutes dernières années, de révolution dans les méthodes de traitement des minerais, si ce n'est la flottaison dont nous avons déjà dit un mot. Nous n'avons pas assisté à une période aussi brillante que celle de 1855 à 1865, au moment de la naissance des procédés Bessemer et Martin. Cependant, depuis trente années, nous assistons à de remarquables évolutions : le développement du four électrique ou de l'électrolyse, qui a bouleversé certaines métallurgies, notamment la vieille métallurgie du zinc, qui en a créé d'autres, celles du magnésium, du glucinium, des métaux alcalins et alcalino-terreux, soit même la création de méthodes, telle celle d'Ugine-Perrin que le Congrès va étudier, ont permis la préparation de métaux de plus en plus purs, et donné une plus grande sécurité dans le superaffinage et dans l'homogénéité relative du produit final.

Dans cette voie de la pureté des métaux, n'obtient-on pas industriellement des résultats qui nous auraient stupéfaits, il y a trente ans, avec le zinc à 99,99 % de ce métal, l'aluminium à 99,992 % et le magnésium contenant moins de 0,001 % d'impuretés.

Se sont affirmés la puissance du four électrique comme apppareil de réduction, notamment en métallurgie de l'étain, l'intérêt primordial du convertisseur basique en métallurgie du cuivre et du nickel, l'automaticité des fours de grillage des minerais sul-

furés qui, sous leur forme moderne, permettent non seulement le supergrillage, mais aussi l'agglomération des matières pulvérulentes, plus abondantes par une meilleure récupération des poussières avec les procédés électrostatiques et le développement de la flottaison.

Mais, Messieurs, c'est assurément dans le domaine des alliages que les résultats obtenus dépassent toute imagination.

Les méthodes de recherches scientifiques étaient, en 1900, en pleine évolution : Osmond avait créé la métallographie microscopique; avec son collaborateur et ami Werth, il avait établi la constitution des aciers et la théorie de la trempe; notre vénéré maître, Président d'honneur de notre Congrès, M. Henry Le Châtelier avait fondé une véritable école de physico-chimistes fmettant à la disposition des chercheurs une série de méthodes et d'appareils de haute précision et de faible utilisation. Avec ses élèves et notamment M. Charpy, les études se multiplient. Sir Robert Hadfield, qui a notamment découvert l'un des premiers aciers spéciaux et que j'ai le grand honneur de saluer ici respectueusement, Stead et Carpenter en Angleterre, Martens, Wedding et Heyn en Allemagne, Tschernoff en Russie, se faisaient les apôtres de la physico-chimie des produits métallurgiques.

Comment alors s'étonner de découvertes aussi nombreuses qu'importantes.

Avec les exigences de l'automobile, puis plus tard de l'aviation, les types d'aciers spéciaux se multiplient et se précisent ainsi que leurs traitements. Et déjà on atteint des résistances à la traction de 150 kg.mm². Les aciers à coupe rapide permettent l'usinage au rouge sombre.

Et voilà que les traitements thermiques se généralisent dans de telles conditions qu'aujourd'hui nous nous demandons s'il est beaucoup de produits métallurgiques y échappant.

Après une magnifique étude sur la trempe des bronzes de Heycok et Neville, tandis que les recherches systématiques relatives aux aciers spéciaux font apparaître des lois générales que l'on retrouve dans les cupro-aluminiums, est découvert le duralumin, cet alliage léger à base d'aluminium, témoin patent de la vie du métal, puisque ses propriétés ne s'affirment, après trempe, qu'avec le temps ou un réchauffage.

Et ce phénomène, dit trempe structurale, s'applique à de nombreux alliages de cuivre, de plomb, d'étain, et récemment ce nouveau métal industriel le glucinium, incorporé en faible dose dans le cuivre n'a-t-il pas permis d'obtenir ainsi, après trempe et revenu une charge de rupture à la traction de 150 kg.mm², en partant d'un métal pour lequel cette caractéristique n'est que de 21 kg.mm².

Et nous voyons, de plus en plus, les corps agir profondément sur les produits métallurgiques par doses homéopathiques, à l'instar d'ailleurs, du carbone dans les aciers.

Ici, c'est le molybdène antidote de certaines maladies des aciers; là, le titane, le zirconium, l'uranium, intervenant pour modifier grains et hétérogénéité ou pour faciliter les traitements thermiques.

D'autre part, les méthodes d'étude et de contrôle se multiplient, parfois à la grande crainte des métallurgistes qui, non sans juste raison, redoutent que, mises entre des mains inexpérimentées ou interprétées par des esprits trop étroits, ces méthodes ne conduisent à des exigences impossibles à satisfaire industriellement.

Ils sont d'ailleurs, les premiers à reconnaître les bienfaits rendus par cette science qui s'est singulièrement développée depuis trente-cinq années; essais de choc sur barreaux entaillés, essais de dureté, micrographie et macrographie à peine utilisées en 1900 et maintenant d'usage courant, et cela avec des précisions remarquables et dans les appareils, et dans l'interprétation des résultats. Essais de fatigue, essais de viscosité, essais de corrosion simple, essais de corrosion sous tension, ont permis, plus récemment, de faire encore progresser les propriétés des alliages, notamment du point de vue de la résistance chimique ou mécanique dans les différents milieux ou aux différentes températures.

Léon GUILLET,
Membre de l'Institut.

REVUE DE MÉCANIQUE

Il est particulièrement intéressant de signaler un mouvement de réaction très marqué en France, depuis quelques années, contre une tradition fâcheusement ancrée depuis un siècle, qui considérait la Mécanique théorique comme de simples exercices de Géométrie et d'Analyse, sans lien effectif avec la Mécanique des ingénieurs.

Cette conception se manifestait de façon particulièrement frappante dans l'organisation de l'enseignement supérieur universitaire, où les Chaires de Mécanique rationnelle étaient considérées comme exactement interchangeables, avec celles d'Analyse et de Géométrie. Une telle conception, si elle semble pouvoir se défendre dans les cas rares où il existe un enseignement parallèle de Mécanique expérimentale, devient particulièrement irrationnelle dans le cas général où l'enseignement de la Mécanique est unique.

En réalité, ce qui est nécessaire, c'est, non pas une juxtaposition, mais une coordination, des deux points de vue. Il ne s'agit pas de considérer la Mécanique comme une simple branche de la Physique pour la noyer dans l'ensemble, déjà terriblement lourd de cette discipline, après l'avoir si longtemps paralysée en la considérant comme une simple branche des Mathématiques. Il s'agit d'en constituer une discipline spéciale, avec une préparation adaptée, car elle exige une formation expérimentale très solide alliée à une formation mathématique complète, encore beaucoup plus nécessaire que dans toutes les autres branches de la Physique proprement dite.

On aura peut-être l'impression que nous abaissons ici un problème important en soi à une question d'étiquettes. Mais il ne faut pas mésestimer ces questions, car elles ont une influence prépondérante sur les questions de recrutement et d'orientation générale.

C'est pour n'avoir pas su élever la Mécanique au rang d'une discipline autonome, amplement justifié par les nécessités particulières de son recrutement, par son étendue, et par l'importance de ses applications industrielles, que l'enseignement supérieur universitaire français n'a pas jusqu'ici — il faut bien le reconnaître — rendu avec l'ampleur nécessaire, dans ce domaine si important de l'activité technique, les services essentiels qu'il lui incombe de rendre à l'Industrie, en lui fournissant les bases et les éléments de ses progrès. Sauf des exceptions peu nombreuses, les Mathématiciens ont fait des mathématiques, les Physiciens, absorbés par tant d'autres branches qui s'étendent et se renouvellent chaque jour avec une vitesse déconcertante, ont négligé la Mécanique. Malgré quelques efforts isolés, et d'autant plus méritoires [1], le fossé s'est creusé de plus en plus entre l'Enseignement supérieur et la Mécanique pratique.

Il y a là une situation qu'il importe de redresser. Dans la vie nationale, tous les rouages doivent concourir au bien général, en assurant les fonctions qui leur incombent respectivement. Quand une des collaborations essentielles à ce bon rendement est insuffisante — et c'est en général le résultat d'erreurs de l'un et l'autre chaînon de l'assemblage défaillant — l'intérêt national exige que soient mises au point sans double emploi, sans gaspillages et sans divergences d'efforts (et cela est souvent bien facile moyennant un peu de bonne volonté à se comprendre réciproquement), les activités imparfaitement adaptées aux besoins.

Dans le cas présent, les utilisateurs sont qualifiés pour réclamer aux organismes scientifiques de recherche l'effort d'orientation qui leur permettra de remplir plus complétement et plus efficacement leur mission.

Une initiative fort intéressante a été prise en particulier dans cette voie par le Ministère de l'Air. La Mécanique des fluides, tout spécialement importante pour les applications aéronautiques, était le domaine mécanique le plus négligé; il a obtenu de diverses Universités, en leur apportant son appui, la création d'enseignements, et de centres de recherches, de Mécanique des Fluides, où l'on s'est efforcé de réaliser la coordination des points de vue mathématique et expérimental.

Il ne s'agit pas d'ailleurs de tomber dans l'excès contraire, et, après avoir si longtemps négligé d'organiser la discipline de la Mécanique, d'en exagérer le fractionnement, au point de vue formation et recrutement, en une poussière de disciplines

1. Signalons dans cette voie, après les efforts de M. Kœnigs, à qui l'on doit la création du Diplôme d'Ingénieur-Docteur, ceux particulièrement intéressants de M. A. Guillet, de M. Beghin et de M. Le Rolland.

trop spécialisées sans intercommunications. Le Ministère de l'Air a marqué l'orientation qui lui paraissait désirable au point de vue des utilisateurs, en aidant la Faculté des Sciences de Paris, à intégrer les nouveaux enseignements de Mécanique des Fluides dans un Institut de Mécanique qui englobe toutes les applications et toutes les branches diverses de cette science.

La souplesse administrative d'un tel Institut lui permet d'intervenir efficacement pour coordonner, avec l'activité de ses laboratoires propres, celle de laboratoires extérieurs, spécialisés dans les diverses applications de la Mécanique, et qui peuvent ainsi grouper leurs efforts.

Par cette initiative nouvelle, le Ministère de l'Air a obtenu la création d'un organisme dont l'activité, au point de vue des recherches, est susceptible de répondre à l'ensemble de ses besoins essentiels, comme d'ailleurs de ceux des autres techniques qui relèvent des divers domaines de la Mécanique. Le stade final auquel a ainsi abouti la collaboration du Ministère de l'Air et de la Faculté des Sciences de Paris, ouvre la voie dans laquelle il paraît très désirable de poursuivre les efforts dans l'intérêt de la Technique française, qui concorde parfaitement ici avec celui de la Science française.

*
**

Dans le domaine de la Mécanique théorique, il y a lieu de signaler, à côté de la Mécanique rationnelle classique où la Cinématique offre un champ d'études toujours aussi intéressant et fructueux aux géomètres, et la dynamique aux analystes, l'activité considérable des recherches orientées vers les principes de base de la Mécanique, avec la théorie de la Relativité puis avec les théories des Quanta et de la Mécanique ondulatoire.

Il s'agit là de problèmes qui ont un intérêt puissant au point de vue de notre conception de l'Univers et des bases de notre entendement, mais qui — heureusement étant donné les difficultés qu'ils comportent — n'interviennent pas dans les prévisions de la Mécanique classique et laissent complètement hors de cause leur valeur pratique.

Il est bon de noter d'ailleurs que, si ces voies nouvelles attirent presque toute l'activité des recherches relatives aux principes de la Mécanique, il reste encore des résultats fort intéressants à tirer de la Théorie électromagnétique classique, comme l'a récemment montré M. Henriot, professeur à la Faculté des Sciences de Bruxelles, dans ses remarquables études relatives aux couples exercés, sur les lames cristallines, par un faisceau de lumière polarisée.

Nous ne saurions faire ces allusions, quelque succinctes qu'elles soient, aux travaux de Mécanique théorique, sans mentionner spécialement le très remarquable développement qu'a pris, sous l'impulsion de M. Villat qui en est l'âme, l'Ecole française de Mécanique des Fluides théorique. Elle s'est assuré une réputation mondiale, dans un domaine où la théorie, particulièrement délicate, fait appel à des calculs extrêmement complexes et nécessite sans cesse de nouveaux efforts de création mathématique. C'est en soi un résultat d'un haut intérêt scientifique et national, que pourront doubler des résultats pratiques utiles grâce aux efforts qui sont poursuivis en vue de faire converger ces études mathématiques avec les études expérimentales chargées d'éclairer la technique.

*
**

L'étude des propriétés mécaniques des solides réels est un des domaines les plus complexes de la mécanique appliquée. Il s'y est produit, au cours de ces dernières années, une évolution particulièrement accentuée, et même plus exactement un changement d'orientation profond, qui tend à donner à l'étude des déformations permanentes et semi-permanentes la place essentielle qui doit leur revenir.

La résistance des matériaux traditionnelle, limitée à l'hypothèse des déformations élastiques, n'était qu'une seconde approximation conventionnelle comme la première approximation du solide indéformable de la Mécanique rationnelle. Dans le domaine de cette hypothèse, où l'on admet que toutes les déformations sont réversibles et linéaires en fonction des efforts, elle se préoccupait seulement de rechercher des approximations, plus ou moins faciles à justifier, susceptibles d'être substituées aux calculs inextricables de la Théorie correcte de l'Elasticité : On peut, sous une forme un peu caricaturale, énoncer que la théorie de la Résistance des Matériaux a été faite jusqu'ici de calculs inexacts basés sur des hypothèses fausses. Si l'on en tire, dans les cas simples, des résultats d'une excellente approximation, il ne faut pas s'étonner que, dans les cas complexes, elle exige une évaluation extrêmement prudente, et souvent très difficile, des ordres de grandeur des erreurs possibles. En réalité, très souvent ses calculs sont de la poudre aux yeux pour donner, grâce à l'introduction de coefficients de sécurité élevés, l'apparence de déterminations *a priori* à de simples dimensionnements empiriques.

Même dans les constructions où l'on s'efforce de rester loin en deçà des limites du domaine élastique, celles-ci sont dépassées localement au voisinage des assemblages, des perçages et des changements de section. La connaissance des phénomènes de déformation permanente locale et *d'adaptation* corrélative est aussi importante, et même plus, que celle des déformations élastiques des régions normales.

Pour préciser leur étude, M. Caquot utilise la notion essentielle de courbe intrinsèque limite du domaine élastique d'un matériau isotrope. C'est, dans un plan de référence ONT, la courbe, symétrique par rapport à l'axe ON, obtenue en portant en abscisses la valeur ON de la composante normale de compression, et en ordonnées la composante tangentielle OT, des contraintes OP pour lesquelles commencent les déformations permanentes.

En un point quelconque M du milieu homogène, un état de tension élastique quel qu'il soit est caractérisé dans le plan de coordonnées ON, OT, par un cercle de Mohr dans lequel se déplace l'extrémité A du vecteur contrainte OA, lorsque la section à laquelle il correspond prend toutes les orientations possibles autour du point M considéré. La courbe caractéristique définie ci-dessus n'est pas autre chose que l'enveloppe des cercles de Mohr relatifs aux états de tension pour lesquels s'amorce en M une déformation permanente.

On voit le rôle essentiel de cette courbe caractéristique, pour définir les conditions dans lesquelles seront atteintes localement les limites du domaine élastique. Il faut noter que, si elle apporte un élément absolument essentiel pour l'étude de la naissance des déformations permanentes, elle n'est pas encore suffisante pour préciser les phénomènes d'adaptation consécutives. Elle caractérise en effet, d'après sa définition même, un matériau isotrope; or l'isotropie est altérée par les déformations mêmes qui s'amorcent.

Cette notion a été appliquée aussi par M. Caquot aux milieux pulvérulents, où elle revêt même un aspect relativement simple. Pour un milieu pulvérulent sans cohésion, la courbe caractéristique se réduit à deux droites issues de O, symétriques par rapport à ON, dont l'inclinaison par rapport à ON définit le coefficient de frottement du milieu. Si le milieu pulvérulent est doué de cohésion, l'ensemble de ces deux droites glisse sur l'axe ON; leur intersection vient en un point Q de la partie négative de cet axe, et elles coupent l'axe OT en deux points symétriques C et C' tels que OC représente la force de cohésion tangentielle sous pression normale nulle. De là on tire ce résultat fort intéressant, que toute étude d'équilibre d'un milieu pulvérulent et cohérent peut se ramener à celle de l'équilibre d'un milieu pulvérulent sans cohésion, de même coefficient de frottement, qui supporterait, en plus des forces données, une compression hydrostatique égale à QO.

L'adaptation qui accompagne, dans les métaux, les premières déformations permanentes sous l'action de forces fixes, ne peut plus intervenir dans le cas d'efforts alternés. C'est ce qui explique, qu'on observe, dans le cas de vibrations prolongées, des accidents à des taux de travail où les essais statiques classiques paraissaient garantir une complète sécurité. A la limite élastique statique doit être substituée, pour le dimensionnement des constructions soumises à des vibrations, la limite de fatigue sous efforts alternés. Les études qui ont été poursuivies avec activité dans cette voie ont permis en particulier d'importants progrès dans la sécurité de construction des avions.

Chaque fois que la forme des pièces et la distribution des efforts entraînent en certains points une concentration importante des lignes des tensions principales, on risque de sortir localement des limites du domaine élastique. Les déformations cessent d'être réversibles et, lorsque les efforts sont alternés, on observera, même s'ils restent en deçà des limites de résistance à la fatigue, la dissipation d'énergie qu'entraîne la non-réversibilité.

Cette dissipation conduit à une très intéressante application, dans la méthode imaginée et mise au point par M. Le Rolland pour définir et mesurer la dureté superficielle par l'amortissement des oscillations d'un pendule dont le couteau repose sur la surface étudiée.

Cette étude est l'une des nombreuses manifestations de la remarquable activité du Centre de Recherches relatives aux propriétés mécaniques de la matière qu'est devenu l'Institut polytechnique de l'Ouest[2]. Il y a là une formule très intéressante, car s'il est désirable, comme on l'a signalé plus haut, de constituer quelques Instituts de Mécanique réunissant tous les domaines de cette discipline pour y réaliser des interpénétrations fructueuses, cela exige des concentrations de moyens qui ne permettent pas de les généraliser. Il est toujours possible par contre, même là où les moyens devront rester plus restreints, d'entretenir des activités très fructueuses, en organisant des centres spécialisés dans des domaines limités où chacun d'eux pourra acquérir une ex-

2. Cet Institut, créé par la ville de Nantes, est rattaché à la Faculté des Sciences de Rennes.

périence précieuse. L'effort si intéressant qu'a entrepris dans cette voie l'Institut polytechnique de l'Ouest mérite d'être encouragé, et son exemple d'être suivi en diversifiant les spécialisations.

***

Les progrès dans l'étude des propriétés mécaniques de la matière conditionnent ceux de l'art de construire. Cela situe leur rôle essentiel si l'on songe à la place, si considérable par l'importance des capitaux et de la main-d'œuvre qu'il met en valeur, que le Génie civil occupe dans l'activité industrielle générale.

L'intérêt que les syndicats professionnels savent porter à cette question vitale s'est récemment manifesté en particulier par deux créations fort intéressantes. L'Institut technique du Bâtiment et des Travaux publics est un organisme d'études divisé en sections qui correspondent aux principaux problèmes techniques intéressant l'Art de construire, mais dont l'orientation scientifique s'affirme par le choix de savants tels que MM. Caquot, de Fontviolant ou Suquet pour en diriger les travaux. Parallèlement, les Laboratoires du Bâtiment et des Travaux publics, réunissant des moyens expérimentaux puissants et variés en vue de l'étude méthodique des matériaux divers, se sont organisés en vue d'accueillir non seulement les techniciens, qui ont besoin d'essais immédiats, mais aussi les hommes de Science, qui peuvent consacrer à des recherches méthodiques, les efforts prolongés, à rendement différé, qu'elles exigent.

Une des caractéristiques des grands ouvrages d'art modernes, c'est la place de plus en plus considérable qu'y occupe la construction en béton armé. Parmi les progrès techniques réalisés dans ce domaine, il y a lieu de noter le rôle du tassement par vibrations, qui améliore considérablement la qualité du béton et permet par exemple d'obtenir, avec 340 kilogs de ciment, un résultat qui en exigeait 450 avec le malaxage ordinaire.

On peut signaler, pour marquer la souplesse avec laquelle ce mode de construction s'adapte à des applications de plus en plus variées, qu'on a réalisé en béton armé des renforcements de ponts métalliques, et que la grande soufflerie aérodynamique de Chalais-Meudon, dont la veine elliptique de travail mesure 16 mètres sur 8 mètres, est intégralement construite en béton armé. L'essor que prend l'emploi de ce matériau en architecture religieuse est aussi à signaler spécialement par l'importance qu'y prennent les considérations esthétiques à côté des considérations purement techniques.

Parmi les ouvrages d'art les plus importants et les plus intéressants qui relèvent de cette technique, il y a lieu de signaler les grands barrages hydrauliques en voûtes, qui se substituent de plus en plus aux anciens barrages résistant par leur poids, surtout dans les canons rocheux étroits où la voûte peut trouver un appui direct sur les parois.

Quelques chiffres relatifs au barrage-réservoir du Sautet, qui vient d'être achevé sur le haut Drac, suffisent à montrer les formidables moyens qu'exigent de tels ouvrages. Le barrage a 125 mètres de hauteur, et crée un lac artificiel à 2 branches (sur le Drac et sur un de ses affluents) de 350 hectares réalisant une réserve d'eau de 130 millions de mètres cubes. L'ouvrage principal a utilisé 100.000 mètres cubes de béton; les opérations accessoires pour renforcer la roche d'appui et parfaire son étanchéité, ont demandé 6.000 mètres de forages et l'injection de 3.000 tonnes de ciment.

L'ouvrage comporte une disposition fort intéressante. La voûte mince qui constitue le barrage principal est contrebutée par la retenue d'eau d'un second barrage de 45 mètres de hauteur situé un peu en aval. Il en résulte une amélioration considérable de sécurité pour le barrage, d'ailleurs calculé en vue de pouvoir résister par lui-même sans cet appoint.

Ce barrage assure, non seulement le fonctionnement de l'usine hydraulique qu'il alimente immédiatement, mais en même temps la régularisation de toute la partie aval du cours du Drac, où est prévu, sur un parcours de 75 kilomètres et une dénivellation globale de 560 mètres, l'aménagement de onze chutes, dont quatre sont déjà en exploitation. Il permet en effet de maintenir au voisinage de sa valeur moyenne annuelle de 33 mètres cubes par seconde un débit dont la valeur descendait à 7 mètres cubes à l'étiage avant cet aménagement. Cette régularisation est obtenue au prix d'une variation saisonnière, entre 93 mètres et 53 mètres, de la propre hauteur de chute du barrage réservoir.

Au cours de l'année 1935 quatre grands barrages hydrauliques vont se trouver mis en service en France, qui sont, outre celui du Sautet ci-dessus visé, le barrage de Marèges sur la haute Dordogne, le barrage de la Bissorte sur l'affluent du Drac qui porte ce nom, et enfin le barrage de Chambon sur la Romanche, qui est un simple barrage-réservoir de régularisation, sans usine propre.

Aux Etats-Unis d'Amérique s'achève le barrage de Boulder, sur le Colorado, qui atteint une hauteur de 222 mètres, avec une épaisseur à la base de 200 mètres. Il a cette caractéristique intéressante qu'il ne vise pas seulement à la production de l'énergie hydroélectrique (7 millions de chevaux prévus), mais doit en même temps contribuer à mettre en valeur, par irrigation, 2 millions d'hectares cultivables.

Dans le domaine de la construction des ponts fixes, on peut caractériser les résultats actuellement obtenus par les portées maxima atteintes avec les divers procédés en usage. Ces portées record unitaires sont les suivantes :

Ponts suspendus : 1.067 mètres (New-York);

Arcs métalliques : 510 mètres (près de New-York);

Arcs en béton armé : 187 mètres (Plougastel);

Poutre droite métallique : 534 mètres (Québec);

Poutre droite en béton armé : 138 mètres (Ivry).

Là où les nécessités de la navigation exigent des ponts mobiles, les ponts tournants sont de plus en plus remplacés par des ponts basculants. On utilise aussi, mais plus rarement, des ponts levants dont le tablier s'élève par translation verticale, entre deux tours analogues à celles d'un pont transbordeur ou d'un pont suspendu. Des ponts levants de ce type existent aux Etats-Unis avec des portées de 124 et 162 mètres. En Angleterre, il en a été achevé récemment un, à Newport, avec une portée de 81 mètres; le tablier, du poids de 2.700 tonnes s'élève de 6 m. 40 à 36 m. 50 au-dessus du niveau des eaux.

A côté des ponts proprement dits, on peut signaler un ouvrage intéressant réalisé sur la conduite d'eau alimentant la ville de Lausanne. Pour éviter les dangers de rupture par affaissement dans la traversée d'une zone de mauvais terrain, on a réalisé un arc autoporteur de 42 mètres d'ouverture, avec 7 mètres de flèche au-dessus du sol.

Par suite du développement sans cesse croissant de l'automobilisme, la construction des routes est devenue un des domaines les plus actifs du Génie Civil. L'évolution est remarquable non seulement par l'extension des travaux correspondants, mais par les progrès et la transformation des techniques qu'ils appliquent. Le béton armé, et même les dallages métalliques (fonte) ont pris une place notable dans le revêtement des routes.

La solution la plus répandue reste d'ailleurs l'ancien macadam classique, complètement transformé par l'emploi de revêtements en hydrocarbures plastiques naturels (asphaltes) ou artificiels (goudrons durcissant par oxydation), qui jouent le rôle d'agglomérant entre les éléments concassés, en même temps qu'ils réalisent un revêtement continu et imperméable. Les graves dangers que cette technique a introduits du fait de l'adhérence insuffisante des pneumatiques sur la surface trop lisse à laquelle elle aboutit très rapidement, ont provoqué d'innombrables études et essais en vue d'obtenir la rugosité indispensable par l'incorporation superficielle de matériaux durs finement concassés. Des résultats de plus en plus satisfaisants sont obtenus dans cette voie.

Un jour viendra peut-être — heureusement très lointain — où, toutes les réserves de combustibles arrivant à épuisement, on sera amené à regretter, malgré leur qualité assez médiocre, tous ceux que l'on aura ainsi perdus au point de vue énergétique. Mais, si, au lieu de se placer au seul point de vue spécial de la production de l'énergie, on envisage le point de vue de l'ensemble des besoins industriels, on doit reconnaître que ces produits, grâce à leur plasticité qui leur permet toujours de se réagglomérer, sont admirablement adaptés à cet emploi : Ils y sont difficilement remplaçables pour l'entretien et la réparation des revêtements par simples apports.

L'extension des réseaux routiers conduit d'autre part à y introduire, comme ouvrages d'art, des tunnels, qui furent pendant longtemps presque exclusivement réservés aux chemins de fer, obligés d'y recourir par la faible limite maxima des pentes que les trains sont susceptibles de monter. Une expérience de tunnel routier déjà important a été fournie par le souterrain, de plus de 3 kilomètres, qui passe sous la Mersey pour relier Birkenhead à Liverpool.

Un projet actuellement en étude, et dont la réalisation semble extrêmement probable étant donné son intérêt considérable pour le développement des communications entre la France et l'Italie, prévoit la construction d'un tunnel routier à travers le massif du Mont-Blanc. La longueur du souterrain prévu est de 12 kilomètres. Mais ce n'est pas cette longueur qui pose vraiment des problèmes délicats; c'est le passage à des profondeurs considérables au-dessous de la surface libre, où l'on est mal documenté sur la valeur des pressions et sur l'état qui en résulte pour les roches. Pour éviter des surprises à ce sujet, la profondeur du souterrain projeté ne dépasse pas 2.000 mètres au-dessous du sol.

Dans le cas des terrains pulvérulents, le calcul des efforts sur les voûtes de souterrains a été complètement renouvelé par M. Caquot à partir de sa théorie du frottement interne des milieux de cette catégorie. Il en est de même d'ailleurs

des calculs relatifs à la résistance des fondations et des enceintes de palplanches.

On sait que le problème des déblais et remblais, réduit au trajet linéaire d'une route ou d'une voie de chemin de fer, conduit déjà à des calculs fort complexes pour la détermination de leur répartition optima. Il y a lieu de signaler que des problèmes de même nature, mais plus complexes car ils font intervenir deux dimensions, se trouvent posés par le nivellement des grandes aires d'atterrissage pour les avions.

***

Dans le domaine de la Mécanique des Fluides, nous avons déjà signalé les recherches théoriques de M. Villat et de ses élèves.

Les recherches expérimentales ne sont pas moins actives, dans les divers Instituts de Mécanique des Fluides et à l'Institut de Mécanique de Paris. Elles ont souvent porté sur des questions très immédiatement liées à la Technique aéronautique, comme les recherches de M. Pérès sur le calcul des ailes par l'exploration d'un champ électrique déterminé par les mêmes équations que le champ hydrodynamique, comme les études de M. Valensi sur les mouvements tourbillonnaires à l'aval des hélices, et celles de M. Toussaint sur les intéractions de plans sustentateurs.

Les recherches dirigées par M. Foch, sur les écoulements aux vitesses supérieures à celle du son ne sont plus une anticipation au point de vue aviation, car, sans même parler de l'avenir peu lointain où la navigation stratosphérique abordera ces vitesses pour la translation même des avions, elles ont déjà été atteintes par les vitesses périphériques des hélices.

L'activité principale de l'Institut de Toulouse, avec MM. Camichel et Escande et leurs élèves, reste surtout orientée vers l'hydraulique fluviale. On peut signaler en particulier de très intéressantes expériences sur les indéterminations hydrodynamiques, dans lesquelles on peut obtenir à volonté, au prix d'interventions infimes, des écoulements correspondant à deux états de régime complètement différents mathématiquement possibles.

La question de la turbulence et de son influence sur les phénomènes aérodynamiques a fait l'objet de nombreux travaux, parmi lesquels on peut signaler en particulier, à l'échelle atmosphérique, les études théoriques de MM. Wehrlé et Dedebant, les recherches expérimentales de M. Kampé de Fériet, et les intéressantes recherches de M. Bénard pour étendre aux phénomènes atmosphériques l'application de sa théorie des tourbillons en bandes jadis étudiés par lui dans de minces couches liquides visqueuses.

La turbulence fine, telle qu'elle subsiste dans le courant d'air d'une soufflerie aérodynamique en circuit fermé, peut avoir, sans doute en modifiant les conditions de décollement des filets, une influence quelquefois considérable sur les forces aérodynamiques exercées sur les obstacles. M. Lafay, qui a fait d'intéressantes expériences sur ce sujet, a signalé qu'il peut même en résulter une inversion de l'effet Magnus.

***

L'acoustique, qui étudie la production et la propagation des petits mouvements vibratoires élastiques, aussi bien dans les fluides que dans les solides, n'a pas seulement une importance physiologique essentielle; elle joue aussi un rôle considérable à la base de diverses industries telles que celles des instruments de musique, des téléphones et appareils radiotéléphoniques, des machines parlantes et appareillages de cinématographie parlante, sans oublier la plus importante, celle du Bâtiment, où les questions d'acoustique architecturale soulèvent des problèmes fort délicats pour déterminer les conditions d'une bonne audition dans les salles de grand volume.

L'ampleur des intérêts ainsi mis en jeu justifie un effort urgent de recherches dans un domaine qui a été trop négligé, surtout en France.

Il s'agit de mettre en œuvre des techniques assez spéciales, et des appareillages complexes, qui peuvent indifféremment servir aux diverses catégories de problèmes. Il est donc de l'intérêt général de ne pas éparpiller les efforts, et d'organiser, plutôt qu'une poussière d'installations insuffisantes, soi-disant spécialisées, un laboratoire d'acoustique industrielle bien aménagé et pourvu de tous les moyens utiles pour entreprendre toutes les recherches, entre lesquelles s'établiront d'ailleurs des interpénétrations fructueuses pour chacune d'entre elles.

Parmi les industries intéressées, la plus importante par les capitaux mis en jeu, et la plus capable, en conséquence, d'entreprendre cet effort, c'est l'Industrie du Bâtiment. On ne saurait trop encourager le projet actuellement étudié par les nouveaux Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics, de réaliser un laboratoire spécial d'acoustique industrielle, dont l'activité ne serait pas exclusivement limitée aux essais et études d'acoustique architecturale, et qui pourrait accueillir toutes recherches d'acoustique appliquée présentant quelque lien, direct ou indirect, avec les

problèmes qui intéressent l'acoustique architecturale.

***

Avec la théorie cinétique de la chaleur, la Thermodynamique est devenue une branche de la Mécanique : c'est la mécanique de l'agitation moléculaire.

La théorie des moteurs thermiques n'est pas, au fond, autre chose que l'étude des moyens de transformer en travail une partie de l'énergie cinétique moléculaire, soit par rebondissement sur un piston qui cède sous ce bombardement, soit en l'orientant d'abord sous forme d'un écoulement fluide capable de fournir du travail en glissant sur une paroi mobile convenablement orientée.

Pratiquement, c'est à un milieu gazeux (gaz ou vapeur), susceptible de grandes variations de volume, et dont les molécules sont libres de se déplacer dans tout le volume qui leur est offert, que l'on s'adresse immédiatement pour transformer de l'énergie cinétique moléculaire (énergie thermique) en travail. Il est donc nécessaire d'étudier avec précision le comportement des molécules gazeuses dans les diverses conditions de température et de densité où l'on est amené à les faire travailler.

Les dissociations de molécules polyatomiques viennent modifier en particulier les prévisions initiales en augmentant le nombre des projectiles individuels qui participent à l'agitation thermique. L'étude ainsi rendue nécessaire apparaît d'abord comme pratiquement inabordable, car nous ne savons pas produire, ou du moins entretetenir, les températures très élevées où se manifestent ces dissociations. C'est l'étude des spectres d'absorption dans l'ultraviolet qui a fourni indirectement le moyen de calculer les dissociations. Elle fait connaître en effet les périodes des vibrations des atomes dans les molécules, et permet ainsi de calculer les forces chimiques attractives qui les assemblent, donc de prévoir les valeurs des énergies cinétiques atomiques — et corrélativement des températures — pour lesquelles ces liens se trouveront brisés.

Les problèmes de transformation d'énergie thermique en travail se trouvent d'autre part nécessairement liés aux problèmes relatifs à l'échange de cette énergie thermique entre diverses portions du milieu matériel, c'est-à-dire à l'étude des conductibilités thermiques et des facteurs d'échange. Parmi les résultats très intéressants obtenus dans ce domaine par M. Vernotte, nous en signalerons en particulier un, qui est relatif aux transferts de chaleur d'un gaz vers une paroi métallique. Lorsqu'une brusque augmentation de température est réalisée dans le gaz, la vitesse initiale de passage de la chaleur est d'abord beaucoup plus grande que celle qui correspond à la loi normale ultérieure des échanges; il y a comme une bouffée de chaleur d'abord transmise brusquement.

Ce résultat mérite attention, car il peut contribuer à expliquer un caractère, assez paradoxal en première apparence, du fonctionnement des moteurs à explosion. Si l'on suppose défini le cycle thermodynamique réalisé, il détermine la moyenne dans le temps des températures de la cylindrée, indépendamment de la fréquence plus ou moins grande avec laquelle ce cycle est répété. La conception classique de la vitesse d'écoulement thermique simplement fonction de l'écart de température, amènerait donc à prévoir, pour une température fixe de l'eau de refroidissement, un flux de chaleur évacué par les parois indépendant de la fréquence avec laquelle le cycle est répété [3]. Il n'en est rien, et l'on constate une évacuation de chaleur approximativement proportionnelle à la puissance lorsque l'on élève celle-ci par augmentation de la vitesse de régime à couple maintenu fixe. C'est dire que, en gros, la quantité de chaleur évacuée par chaque cylindrée reste la même, malgré la diminution de la durée pendant laquelle elle reste en contact avec les parois. Ce résultat curieux s'explique si la partie principale de l'évacuation est faite par une bouffée brusque qui suit instantanément chaque explosion.

En ce qui concerne les procédés généraux de production thermique du travail, nous signalerons seulement deux questions particulièrement intéressantes.

Tout le monde a suivi les discussions, et les expérimentations semi-industrielles favorables, auxquelles a donné lieu le projet Claude-Boucherot de turbines à vapeur fonctionnant avec les deux sources thermiques, à faible écart de température mais à capacité énorme, constituées, dans les mers tropicales, par l'eau froide des grandes profondeurs et l'eau tiède superficielle.

Avec un admirable désintéressement et une volonté inlassable M. Georges Claude a tenu à entreprendre une démonstration complète en assumant les charges d'une réalisation industrielle, constituée par un navire-usine dont l'énergie devait être utilisée à fabriquer de la glace. La difficulté

3. Ceci n'est que schématique, car cette évacuation de chaleur, en prenant une importance relative croissante aux régimes de moins en moins rapides, modifierait le cycle en abaissant sa température moyenne. On devrait donc prévoir une évacuation de chaleur qui diminuerait avec le régime de vitesse, mais beaucoup moins vite que ce que l'on observe.

d'une telle entreprise réside surtout dans l'immersion de l'énorme tubulure verticale destinée au pompage de l'eau froide profonde; elle est insurmontable en cas de mer agitée. Un accident survenu au cours de cette immersion a anéanti le fruit d'efforts et de dépenses tels que l'auteur s'est imposé d'abandonner définitivement son entreprise. L'expérience en a confirmé les difficultés, sans en affirmer l'impossibilité, et elle n'a malheureusement pas pu trancher objectivement la question de savoir si cette solution, si attrayante en principe, du problème de la production de l'énergie, pourrait payer commercialement.

Par ailleurs des expériences sont poursuivies par M. Leduc, en vue de mettre au point un procédé de propulsion des avions par réaction, qui ne comporterait aucun mécanisme et aucune pièce mobile. La fusée classique répond à cette définition, mais elle exige une provision de matière capable de dégager en brûlant de très grandes quantités de gaz sous pression, dont l'évacuation assure la propulsion. On a aussi envisagé de produire ces gaz sous pression au moyen de l'air, chauffé et comprimé par son passage à travers une espèce de moteur à combustion interne travaillant à vide. Le procédé de M. Leduc est basé sur l'emploi de ce que l'on peut appeler une tuyère propulsive, c'est-à-dire une tuyère, librement ouverte à l'avant comme à l'arrière, comportant, avec un profil convenable, des brûleurs pour réaliser, par un apport de chaleur, une augmentation de l'énergie cinétique relative de l'air.

***

Le développement industriel des moteurs à combustion interne est tel que, au cours de l'année 1934, la puissance installée sur navires en moteurs de ce genre, a été double de celle installée en turbines ou moteurs à vapeur.

Il s'agit, pour les grosses unités industrielles ou marines, de moteurs à combustion par contact, couramment appelés Diesel, dont la consommation spécifique est particulièrement favorable grâce aux compressions élevées qu'on y réalise pour obtenir l'inflammation spontanée.

Ces faibles consommations, jointes à l'avantage d'utiliser des combustibles ininflammables qui éliminent les dangers d'incendie, ont provoqué depuis quinze ans des efforts actifs et persévérants en vue d'arriver à mettre au point des moteurs d'aviation de ce type. On peut citer en particulier ceux de Packard aux Etats-Unis, de Junkers en Allemagne, et de Clerget en France, qui ont déjà abouti à des résultats appréciables.

Il y a de grosses difficultés à vaincre. Les gros moteurs Diesel industriels, robustes et lents, fonctionnent très bien à des régimes réguliers. Mais pour l'aviation, il faut, malgré le gain appréciable de consommation, élever énormément la puissance massique pour l'approcher de celles des moteurs à essence, donc faire des moteurs très légers et très rapides. Or, d'une part les pressions et efforts sont beaucoup plus élevés, d'autre part et surtout, alors que le moteur à explosion dispose, pour réaliser le mélange homogène qu'il suffira ensuite d'allumer, de la durée de deux phases (admission et compression), il faut dans le Diesel assurer presque instantanément la mise en contact, du combustible injecté avec tout l'air de la cylindrée. C'est cela qui devient de plus en plus difficile à mesure que l'on cherche à réaliser des régimes plus rapides. D'autre part si ce résultat est suffisamment atteint à un régime donné, il risquera fort de ne plus l'être à un régime différent où la turbulence sera différente; au contraire, dans le moteur à explosion, il suffit que le mélange homogène soit réalisé, et un délai plus ou moins long entre ce résultat et l'allumage ne change pas les conditions de propagation de l'inflammation. Le moteur Diesel est beaucoup moins souple que le moteur à explosions.

Beaucoup de difficultés et d'irrégularités imprévues viennent aussi des injecteurs alimentés par des pompes à combustible à haute pression, nécessaires pour obtenir des pulvérisations très fines violemment projetées dans la cylindrée. Ces injections à haute pression sont sujettes à des irrégularités de marche, dans lesquelles les propagations d'ondes de compression brutales et les coups de bélier jouent un rôle important. La pulvérisation pneumatique, qui remplace souvent avec avantage cette injection liquide dans les moteurs industriels, exige l'adjonction de compresseurs à pression élevée, dont l'encombrement et le poids sont inadmissibles pour un moteur d'aviation.

En vue d'éliminer ces dernières causes de perturbations, M. Jalbert expérimente un procédé intéressant, qui s'apparente à la pulvérisation pneumatique, avec carburation thermique par compression. Le combustible est injecté dans l'air d'un petit cylindre auxiliaire où il subit une compression adiabatique très élevée; le mélange ainsi formé, trop riche en combustible pour s'enflammer, est projeté, en traversant une soupape automatique, dans l'air du cylindre principal, qui assure sa combustion. Le point délicat de ce dispositif, c'est la bonne tenue du ressort de la soupape automatique de transvasement, qui travaille dans des conditions thermiques très dures. Un procédé, très voisin de celui-ci, avait été anté-

rieurement proposé, sinon expérimenté; il comportait une soupape de transvasement commandée, disposition qui semble comporter une sécurité beaucoup meilleure.

Puisque le Diesel rapide et léger rencontre des difficultés très sérieuses, on peut poursuivre par une autre voie le problème du combustible ininflammable. Elle consiste à conserver le moteur à explosions, avec ses qualités de souplesse et le haut degré de perfection mécanique auquel il est arrivé dans le domaine aviation, et à trouver une solution pour l'alimenter aux combustibles lourds. Les solutions par chauffage ne peuvent donner de bons résultats, parce qu'elles manquent totalement de la souplesse qu'exigent les changements rapides de régime, et aussi parce qu'elles comportent des condensations désastreuses du combustible dans le cylindre. M. Rochefort est arrivé, en combinant des pulvérisations pneumatiques, des compressions adiabatiques, et des transvasements, à obtenir des mélanges assez homogènes pour s'enflammer à l'étincelle comme les mélanges d'essence, et pour assurer le fonctionnement correct des moteurs à explosion. Le procédé qu'il emploie pour cela est très original. Les divers cylindres communiquent, à travers une soupape commandée (soupape d'injection), avec un collecteur commun d'intercommunication chargé (après un ou deux tours de mise en route) d'air normalement carburé sous pression et chaud; au début de la phase de compression, la soupape d'injection s'ouvre, le contenu gazeux du collecteur se précipite dans le cylindre en pulvérisant la charge de combustible liquide qui arrive en même temps que lui, d'une pompe à moyenne pression, par une petite tuyauterie indépendante; la pression montant dans le cylindre, celui-ci rejette dans le collecteur, dans la seconde moitié de la phase de compression, une masse gazeuse identique à celle qu'il en avait reçue, et la soupape d'injection se referme juste avant l'allumage.

Par ce procédé M. Rochefort fait fonctionner correctement un moteur d'aviation à explosion en l'alimentant au gas-oil, avec une réduction de puissance de moins de 10 % par rapport à l'essence. Il peut même l'alimenter à volonté avec toutes sortes de combustibles, sans modifier aucun organe ni accessoire du moteur.

Ce résultat étant acquis, qui emprunte au Diesel la sécurité au point de vue du danger d'incendie, en gardant la sécurité mécanique et la souplesse du moteur à explosions, on peut aller plus loin, et améliorer la consommation de celui-ci pour la rapprocher de celle du Diesel. C'est le but des travaux que poursuit l'inventeur.

L'injection du combustible à l'intérieur du cylindre permet en effet d'utiliser le fonctionnement à deux temps et de multiplier ainsi par deux le nombre des cycles moteurs. On peut alors accepter un travail plus faible de chacun d'eux, en réalisant, grâce à un remplissage limité à la moitié de la course, une détente motrice prolongée qui abaisse notablement la consommation spécifique.

Beaucoup de recherches sont poursuivies sur les phénomènes de détonation dans les moteurs à explosion. Les discussions auxquelles elles donnent lieu semblent manifester souvent des notions imprécises. On voit encore par exemple opposer l'une à l'autre la théorie dite de l'onde explosive, et la théorie dite des peroxydes. Il y a là des confusions et des interprétations incorrectes. Il paraît hors de doute que le cognement est lié à la naissance et à la propagation d'ondes explosives; il ne paraît guère douteux d'autre part que la présence de peroxydes instables produits dans la première phase de l'oxydation abaisse les conditions de température et de pression pour lesquelles l'onde explosive prend naissance.

En ce qui concerne les moteurs à vapeur, nous signalerons seulement des essais de grande endurance poursuivis favorablement en Amérique sur une turbine de 10.000 kilowatts alimentée en vapeur surchauffée à 540° C, sous une pression de 28 kilogs, qui correspond à 370° à la chaudière.

***

L'Industrie des Transports, avec ses quatre branches (transports ferroviaires, routiers, nautiques et aériens), représente une fraction fort importante de l'ensemble de l'activité industrielle humaine, surtout si l'on y englobe les industries qui construisent les matériels qu'elles emploient.

Dans l'évolution des matériels de chemin de fer, il y a lieu de signaler l'augmentation formidable des masses des locomotives à vapeur de grande puissance, qui, jointe à l'augmentation des vitesses autorisées, nécessite de refaire les voies avec des rails de plus grande section.

Le moteur Diesel a commencé à prendre une place appréciable dans la traction des locomotives. Il a été réalisé des locomotives Diesel à transmission directe; toutefois ce genre de moteurs n'est pas adapté à la production des efforts de démarrage puissants que peut fournir la locomotive à vapeur; les locomotives Diesel à transmission indirecte de la puissance aux essieux sont, de ce fait, plus répandues. Il en a été réalisé avec des

transmissions hydrauliques, électriques (qui constituent des ensembles analogues aux locomotives à vapeur à transmission électrique expérimentées depuis longtemps déjà), ou pneumatiques.

Signalons en particulier dans ce dernier cas un procédé intéressant pour éviter les condensations et congélations par refroidissement dû à la détente : on limite le refroidissement par une injection de vapeur, mélangée à l'air, dont la condensation dégage les quantités de chaleur utiles.

Une des caractéristiques les plus frappantes du trafic ferroviaire actuel, c'est le développement des automotrices légères de modèles très variés, propulsées par des moteurs à combustion interne; le nombre des moteurs Diesel l'emporte de façon très marquée sur celui des moteurs à essence.

Le laboratoire d'essais de locomotives qui a été installé à Vitry par le groupement des réseaux français est maintenant en fonctionnement normal. Des rouleaux dynamométriques sur lesquels reposent les roues motrices permettent de mesurer la puissance de chacun des essieux moteurs. La qualité de cette installation est appréciée à l'étranger aussi bien qu'en France, et la presse a signalé, il y a quelques mois, qu'une locomotive anglaise est venue y faire ses essais.

La construction automobile est caractérisée de plus en plus, en ce qui concerne les lignes extérieures, par la recherche des formes aérodynamiques. Elle est justifiée par ce fait que, avec les formes de carrosserie anciennes, la résistance aérodynamique atteint vers 60 kilomètres à l'heure près de la moitié de la résistance totale.

La formule traction avant subsiste avec succès. Parmi les nouveautés mécaniques les plus récentes, on doit signaler en particulier le développement des changements de vitesse automatiques.

Dans la construction maritime, si le tonnage global construit est en diminution, par suite de la crise mondiale, la course aux tonnages individuels de plus en plus élevés continue. La Normandie atteint 68.500 tonnes, avec une longueur de 293 m. 20 et un tirant d'eau de 11 m. 16. Elle est prévue pour 1.972 passagers, avec un équipage de 1.345 personnes, dont 187 hommes aux machines.

Les deux caractéristiques mécaniques les plus intéressantes de ce paquebot sont, d'une part ses formes nouvelles de carène à concavité avant avec une proue très aiguë, d'autre part sa propulsion par turbo alternateurs, d'une puissance globale de 160.000 chevaux, et moteurs électriques montés directement sur les arbres d'hélices. Elles lui ont permis de dépasser notablement la vitesse de 28 nœuds escomptée.

Dans le domaine de l'aviation, l'année qui vient de s'écouler a vu fabriquer en série les matériels créés par l'effort de rénovation technique des industries aéronautiques françaises, que le Ministère de l'Air s'était appliqué à provoquer dès sa création. Il y a lieu de noter le grave danger qui pourrait se présenter si cette industrie recommençait à s'endormir dans les facilités de la fabrication en série, sans reprendre l'effort permanent d'étude et de création continue qui peut seul l'empêcher de retomber loin derrière ses concurrents comme elle l'avait fait de 1919 à 1928. Le redressement technique a été assez dur pour que l'on se préoccupe de n'en pas perdre les fruits.

Les grands parcours transocéaniques conduisent, comme dans le domaine nautique, à utiliser des tonnages unitaires de plus en plus élevés. L'hydravion transatlantique Latécoère 521 *Lieutenant-de-vaisseau-Paris* pèse 37 tonnes en ordre de marche, avec une envergure de 49 mètres; il peut comporter jusqu'à 72 places dans le cas de voyages à rayon d'action limité. Cet appareil a une vitesse de 230 kilomètres à l'heure. Les gros avions terrestres de transport récents, qui ne sont pas handicapés, comme les hydravions, par la surcharge considérable de la coque, dépassent 300 kilomètres à l'heure comme vitesse commerciale. L'avion russe géant *Maxime-Gorki*, qui a été détruit accidentellement il y a quelques mois pesait 42 tonnes, avec 65 mètres d'envergure.

Le problème de la navigation aérienne transatlantique a provoqué diverses études visant la construction d'iles flottantes. L'un des procédés envisagés pour assurer leur stabilité malgré la houle assurerait la flottaison par des caissons creux immergés au-dessous de la zone agitée; des colonnes verticales montées sur ces flotteurs sous-marins supporteraient la plateforme d'atterrissage au-dessus du sommet des plus fortes houles. Des études sérieuses resteraient à faire pour déterminer le degré de stabilité d'un tel système pour la conservation de l'horizontalité de la plateforme. D'ailleurs, si l'on observe que les tempêtes, qui rendent si dangereuse la traversée de l'Atlantique nord par exemple, sont localisées dans la troposphère, on peut penser que la solution finale de la navigation aérienne transatlantique sera plutôt donnée par la navigation stratosphérique : loin de chercher des escales sur l'Océan, elle évitera soigneusement les basses altitudes.

***

La cinématique a des applications pratiques innombrables dans le domaine si intéressant et si varié des machines-outils.

A côté des appareils de levage proprement dits, les puissantes machines utilisées aux terrassements (excavateurs, pelles, grues, etc.) se sont développées considérablement. Leur puissance est telle que l'on peut éprouver quelque inquiétude à voir rechercher une solution à la terrible crise de chômage actuelle dans le développement des grands travaux publics. Il ne faut pas oublier toutefois que si ces puissantes machines remplacent des équipes nombreuses de terrassiers, leur construction assure une activité importante aux mines, aciéries et ateliers mécaniques.

Dans le domaine des machines-outils de précision à grand rendement pour ateliers mécaniques, on constate enfin un effort efficace de l'industrie française pour créer une concurrence sérieuse aux machines qui pendant trop longtemps ont dû être intégralement importées d'Amérique, de Suisse ou d'Allemagne. Il y avait un cercle vicieux, parce que les usagers, allant toujours au plus pressé, n'apportaient pas un appui suffisant aux efforts entrepris par les maisons françaises. Il semble qu'on veuille enfin sortir de ce cercle, et l'on ne saurait trop insister sur l'intérêt national de ce mouvement et sur les encouragements qu'il mérite.

Il ne saurait être question d'aborder ici l'étude, aussi vaste et intéressante que variée, des mécanismes, d'une ingéniosité souvent extrême, utilisés par les machines-outils les plus diverses. Signalons seulement parmi les dispositifs originaux récents, les rectifieuses sans centres, qui permettent du travail en série très rapide et continu sur des longues barres cylindriques. On notera aussi, à titre de curiosité, des machines pour l'usinage du verre avec des outils à pointe en carbure de tungstène.

***

Le domaine des Instruments de mesure et de contrôle offre aussi des études de mécanique appliquée d'un très haut intérêt. C'est même là que se manifestent les solutions les plus ingénieuses et qu'interviennent les méthodes les plus originales. Elles nécessiteraient, pour être examinées méthodiquement, une étude fort étendue que nous ne saurions entreprendre ici, et nous nous bornerons à signaler quelques résultats parmi beaucoup d'autres.

Dans le domaine des manographes très rapides, indispensables pour le perfectionnement des moteurs à explosion, de nombreuses études ont été poursuivies avec succès. Un premier résultat intéressant, c'est que le simple manographe à lamelle flexible et levier optique — extrêmement simple, et peu coûteux — est susceptible de précisions tout à fait satisfaisantes, et telles que l'on comprend difficilement qu'il ne se soit pas développé pratiquement jusqu'ici, alors que le principe en est connu depuis de longues années.

M. Labarthe a mis au point un manographe plus complexe, fort intéressant par son principe original et par les commodités d'emploi pratique qu'il comporte. La lamelle manométrique est polie et constitue un petit miroir à courbure variable avec la pression. Ces variations modifient l'ouverture angulaire d'un faisceau de lumière réfléchi par la lamelle, et corrélativement la fraction de ce faisceau qui pénètre à travers la fenêtre d'une cellule photo-électrique. Celle-ci agit sur un oscillographe cathodique dont on peut à volonté modifier la sensibilité.

Dans le domaine des compas gyrostatiques et des mécanismes d'asservissement MM. Beghin et Monfraix ont obtenu des résultats fort intéressants. A la suite de leurs travaux, des compas gyrostatiques français vont enfin entrer en service sur les navires français, et tout laisse espérer qu'ils y remplaceront avantageusement les appareils étrangers seuls utilisés jusqu'ici.

***

Nous ne saurions enfin clore cette revue très succincte de Mécanique sans aborder rapidement le très gros problème des réserves d'énergie.

Toutes les activités qui relèvent de la mécanique sont en effet sous l'entière dépendance de deux facteurs : réserves de matériaux et réserves d'énergie.

Du côté des matériaux, il ne se manifeste guère de préoccupations, et l'on peut signaler en particulier que la France est fort bien pourvue de fer et d'aluminium. Mais, en ce qui concerne les combustibles, qui ont été presque la seule et restent la principale source d'énergie, la question des réserves et la question de l'utilisation optimum soulèvent des problèmes fort intéressants et fort complexes.

En gros, la houille fournit presque les trois quarts de l'énergie utilisée dans le monde, les pétroles à peu près un cinquième, le reste, un peu supérieur à un vingtième, étant fourni par les usines hydrauliques. Il est à noter que, au cours des 20 dernières années, la consommation

annuelle du pétrole a quadruplé et celle de l'énergie hydroélectrique a triplé.

La production mondiale actuelle de houille est d'environ 1.200 millions de tonnes (peu différente de celle d'il y a 20 ans), et celle de pétrole brut 200 millions de tonnes. Là-dessus la France produit environ 50 millions de tonnes de houille (elle en consomme 70 millions) et un très petit tonnage de pétrole.

Le caractère le plus frappant de l'évolution, c'est le développement formidable de la consommation des combustibles liquides qui se substituent au charbon. Au cours des 20 dernières années, le pourcentage mondial des navires chauffés au charbon a baissé de 89 % à 52 % environ. La consommation d'essence en France a monté de 1 million de tonnes en 1925 à 2.200.000 tonnes en 1934. Les importations globales annuelles françaises de pétrole et dérivés sont passées de 3 millions de tonnes en 1929 à 6.100.000 tonnes en 1934.

Le caractère inquiétant de ces derniers chiffres est un peu compensé par ce fait que le raffinage s'est beaucoup développé en France. La partie des tonnages susvisés qui correspond au pétrole brut n'était en effet que de 23.000 tonnes en 1929 pour 4.200.000 tonnes en 1934.

Cette évolution correspond en particulier à l'exploitation des pétroles de Mésopotamie, dont la France a la concession partielle, et dont elle assure le raffinage en France.

Il n'en reste pas moins que l'ampleur de ces importations, qui répondent à des besoins essentiels, est une grave menace au point de vue de la Défense nationale, en même temps qu'une charge économique écrasante correspondant à des dépenses annuelles de plus de 1 milliard de francs à solder à l'étranger.

On voit l'importance primordiale du problème des combustibles liquides de remplacement.

L'alcool constitue un petit appoint. L'Etat français, qui a le monopole de l'alcool industriel en achète annuellement 2.300.000 hectolitres, c'est-à-dire guère plus de 200.000 tonnes, dont la moitié, seulement, environ, est consommé par les automobiles sous forme de mélanges avec l'essence, à 30 % dans le carburant dit « poids lourds », et à 15 % au maximum dans les essences de tourisme.

Il y a lieu d'ajouter que si la consommation de l'alcool est extrêmement intéressante à encourager au point de vue des intérêts de l'agriculture française, elle n'est pas une solution très intéressante au point de vue énergétique, compte tenu de la houille qu'exige sa distillation.

La vraie solution industrielle c'est la transformation de la houille en combustibles liquides par semi-carbonisation et hydrogénation. Elle est d'autant plus intéressante qu'elle s'applique aussi bien et même mieux à des combustibles inférieurs comme les lignites et même les tourbes.

C'est dans cette voie que le souci de la Défense nationale exige un effort sans restrictions, malgré les facilités que nous procure actuellement le pétrole de Mésopotamie. L'Allemagne l'a bien compris, car sa production annuelle d'essence synthétique atteint actuellement 600.000 tonnes et s'accroît progressivement en vue d'atteindre bientôt le volume de ses besoins actuels évalués à 1.500.000 tonnes.

Deux usines vont aborder industriellement ces préparations, dans le Nord de la France.

Le prix de revient de l'essence synthétique reste d'ailleurs, jusqu'à nouvel ordre, très supérieur au prix actuel d'importation de l'essence naturelle. Il paraît être de l'ordre de 1 fr. 20 par litre au lieu de 0 fr. 25. Toutefois, comme les droits de consommation élèvent actuellement en France le prix de vente de l'essence au-dessus du prix de revient de l'essence synthétique, il serait possible d'assurer la consommation de celle-ci. La seule difficulté, une fois la production développée au niveau des besoins, serait d'ordre fiscal; mais il ne faut pas oublier que les droits de douane et droits de consommation ne visent pas seulement à alimenter le budget mais aussi à améliorer l'économie nationale. Supprimer plus de un milliard d'importations, et mettre la France à l'abri de graves dangers en cas de conflit international, vaut bien un effort pour trouver des réaménagements fiscaux susceptibles d'assurer au Trésor les rentrées compensatrices qui lui seraient nécessaires.

En résumé, c'est valoriser la houille que la transformer en combustibles liquides. Il n'en reste pas moins que la production française de la houille est déjà déficitaire. C'est dire l'intérêt qu'il y a à poursuivre et développer l'admirable mouvement entrepris en France depuis la guerre pour multiplier les aménagements de chutes d'eau et assurer l'utilisation de l'énergie hydraulique disponible à la production de courants électriques qui permettent de la distribuer dans toute la France.

Nous avons signalé déjà que le barrage du Sautet est l'un des premiers sur un ensemble de onze ouvrages destinés à l'aménagement du Drac et prévus pour fournir 330.000 kilowatts soit plus de 1 milliard de kilowatts-heure annuels.

De même le barrage de Marèges fait partie d'un ensemble projeté de 9 usines sur la Haute

Dordogne, prévu pour 800.000.000 kilowatts heure annuels.

L'usine récemment mise en service sur la Truyère peut fournir également 800.000.000 kwh.

Au total, la capacité actuelle atteint presque 10 milliards de kwh. Elle est susceptible encore d'une grande extension. La consommation actuelle n'absorbe pas complètement cette capacité. A titre d'ordre de grandeur, pour les comparaisons, il y a lieu de noter la correspondance énergétique assez grossière qui existe entre le kilowatt-heure et le kilogramme de charbon. D'autre part, avec les moteurs à combustion interne, de rendement beaucoup plus élevé que les machines à vapeur, le kilogramme de pétrole vaut au moins 3 kilogrammes de houille. On aurait alors, pour représenter comparativement (en France) les trois apports énergétiques, les nombres (en milliards de kilogs de charbon) : 70 pour la houille, $6 \times 3 = 18$ pour le pétrole, et 10 pour l'énergie hydroélectrique.

Nous ne parlerons que pour mémoire de l'énergie des marées, dont l'exploitation industrielle active paraît encore assez lointaine. Il y a lieu de signaler d'ailleurs que des expériences sont poursuivies non seulement pour utiliser l'énergie des marées (qui est empruntée à l'énergie cinétique de rotation de la Terre), mais aussi l'énergie de la houle (qui est empruntée à l'énergie du vent, elle-même entretenue par l'énergie rayonnée par le soleil).

J. Villey,
Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

LES TENDANCES MODERNES DE LA CHIRURGIE

S'il était permis de jouer un peu sur les mots, je dirais qu'il est plus facile d'exposer quelles sont les tendances des Chirurgiens modernes, que les tendances modernes de la Chirurgie ! Car celle-ci n'existe que par les hommes qui l'exercent. Et lorsque ces hommes prennent la plume ou la parole, ce sont leurs idées qu'ils expriment, suivant leurs goûts et leurs tendances, suivant leur expérience, leurs habitudes, et parfois même suivant le genre d'opérations qu'ils ont coutume de pratiquer. Car nous sommes tous ainsi faits que nous voyons la Chirurgie à travers l'usage que nous en faisons, les succès ou les revers qu'elle nous a donnés, et pour quelques-uns d'entre nous, à travers les progrès qu'ils lui ont fait faire.

Nous nous laissons aller à aventurer des prédictions, qui ne sont que le reflet de notre expérience, de nos impressions et de l'éducation de notre esprit, beaucoup plus que des injonctions de notre raison ou de l'étude approfondie de l'évolution actuelle des sciences médicales. Nous lisons tous dans l'avenir d'après les expériences de notre passé. C'est pourquoi nous ne devons accepter qu'avec les réserves les plus sérieuses les vaticinations et les prophéties, de quelque côté qu'elles viennent et quelle que soit la hauteur d'esprit de ceux qui les font entendre.

Je n'excepte nullement de ces réserves ce que j'ai pu dire moi-même. Car moi aussi, et depuis longtemps, j'ai prophétisé ! J'ai parlé, à plusieurs reprises de l'avenir de la Chirurgie, et parfois dans des circonstances aussi solennelles que la Présidence du Congrès français de Chirurgie. J'ai même été assez vivement pris à partie pour avoir osé dire que les hommes de notre génération avaient assisté à une telle ascension de la Chirurgie que ceux qui viendraient après nous ne pourraient plus que la voir descendre !

Cependant je ne retire rien de ce que j'ai dit. Car il faudrait s'entendre et ne pas donner aux mots une valeur différente de celle qu'ils possèdent en réalité ! Or le mot « Chirurgie » a la sienne propre. Car la chirurgie n'est ni la médecine, ni même la pathologie chirurgicale, encore moins une sorte d'annexe de la physiologie ! Elle est « la Chirurgie », l'œuvre de la main ! En réalité, à part le traitement des fractures par les appareils, et des hernies par les bandages, à part le grand domaine de l'Orthopédie, elle s'est résumée, depuis un demi-siècle dans la science des indications opératoires, et de la technique même des opérations. Tout le reste ne compte pas, ou compte peu, auprès de l'acte suprême, auprès de l'intervention sanglante qui fait du chirurgien, au cours de

son action, le maître souverain de la vie et de la mort!

Et quand je vois que les découvertes modernes, au premier rang desquelles figurent les agents physiques, et aussi certains médicaments d'ordre chimique et toute une thérapeutique d'ordre bactériologique, enlèvent chaque jour à la Chirurgie quelque parcelle de son empire, je prétends que c'est jouer sur les mots que d'affirmer que non seulement la chirurgie ne perd ni ne perdra rien de son ancienne splendeur, mais qu'elle continue et continuera à s'élever toujours plus haut.

C'est jouer sur les mots que de venir affirmer sérieusement que si, comme nous le voyons chaque jour, le radium et la radiothérapie enlèvent à la chirurgie quelques-unes de ses conquêtes, que si les ressources merveilleuses de la bactériologie lui enlèvent, soit en les prévenant, soit en les guérissant, toutes sortes de complications infectieuses, à commencer par les salpingites, que si, enfin, les progrès de la thérapeutique chimique nous délivrent un jour du cancer, et peut-être, en ce moment même, de l'ulcère de l'estomac, c'est, dis-je, jouer sur les mots que de venir affirmer sérieusement que la chirurgie n'y perdra rien !

C'est une amère plaisanterie que de soutenir devant des hommes de notre siècle, qui avons vu ce que nous avons vu, et fait ce que nous avons fait, que la chirurgie, qui capitule chaque jour devant la médecine, et plus encore devant la physique et devant la chimie, n'a rien perdu, ni ne perdra rien de sa grandeur, ni de cette farouche beauté qui l'auréole encore aujourd'hui, et que même elle grandit en proportion de sa déchéance dans le domaine opératoire.

Qu'on dise, si l'on veut, que la thérapeutique des affections qui se traitent et se guérissent actuellement par l'intervention chirurgicale se perfectionne de jour en jour en raison même de ce qu'elle arrache au traitement sanglant, rien de mieux, mais que l'on vienne soutenir que la chirurgie s'élève en raison même de la disparition des opérations. Alors non, non et non! Car les mots français sont les mots français, et la chirurgie est la chirurgie ! Je maintiens donc ce que j'ai dit, je le maintiens intégralement, et j'attends sans inquiétude le jugement de l'Avenir !

Prenons-en donc notre parti, puisque, aussi bien, il n'y a pas moyen de faire autrement. Cependant ne perdons pas tout espoir, car il y a une éventualité possible, dont j'ai déjà parlé quelque part, et qui, après l'éclipse momentanée de certaines des grandes conquêtes chirurgicales que nous avons connues, comme celle du traitement des fibromes utérins par cette admirable opération qu'est l'hystérectomie abdominale, peut être de nature à lui rendre une nouvelle splendeur. Car nous avons le droit de penser qu'en raison même des progrès de cette thérapeutique bactériologique dont j'envisageais, il y a un instant, les possibilités, les travailleurs de nos laboratoires trouveront un jour le vaccin qui nous mettra définitivement à l'abri des grandes infections, et nous délivrera du dernier cauchemar qui vienne encore assombrir l'exercice de la Chirurgie, qui serait trop beau, s'il ne portait pas avec lui, après chaque opération, la terrible angoisse du lendemain!... Car le jour où, dans l'opération du fibrome, nous n'aurons plus à craindre la catastrophe, si rare maintenant, mais cependant possible, alors la chirurgie reprendra ses droits et l'opération sous la lumière du ciel retrouvera la place justifiée que lui enlève aujourd'hui la pratique aveugle de la radiothérapie.

Il y aura donc peut-être encore de beaux jours pour la chirurgie. Mais nous avons atteint le sommet et nous n'avons plus qu'à descendre!

Et cependant les chirurgiens sont toujours là, avec leur puissance de travail, avec leur passion de la recherche et de la découverte. C'est à eux, c'est à nos successeurs d'employer ces nobles qualités pour le bien de la science à laquelle ils ont consacré leur vie. Que feront-ils? Et c'est précisément ici que nous pouvons parler de ces tendances modernes de la Chirurgie qui constituent, en réalité le sujet principal de cette étude.

Il est incontestable qu'un grand mouvement se fait dans l'esprit des jeunes ! Il est dans la nature humaine d'aspirer à la découverte, et comme le voyageur errant dans la forêt obscure, de chercher des chemins nouveaux, qui conduisent vers la lumière !

Il n'y a plus rien à faire, ou à peu près rien, pour le perfectionnement de la technique. A part d'insignifiants détails, la chirurgie gynécologique a dit son dernier mot.

La chirurgie intestinale et surtout gastrique, qui a fait de si grands progrès depuis une quarantaine d'années n'est pas loin d'avoir dit le sien. Que nous donnera la chirurgie pulmonaire? Sans doute, il y aura quelques perfectionnements dans cette voie, encore nouvelle, bien qu'il soit très possible que les progrès du traitement médical restreignent de plus en plus les belles tentatives auxquelles nous assistons depuis quelques années.

La chirurgie nerveuse, en revanche, paraît être en pleine ascension. On sait le chemin qu'elle a parcouru depuis le début du siècle. La guerre a été une grande et terrible école pour la chirurgie des troncs nerveux et la pratique des sutures, des résections et des greffes nerveuses, qui en

est sortie avec des conquêtes définitivement confirmées. Mais ce sont surtout la chirurgie intracranienne et la chirurgie de la moelle, dont de Martel a été chez nous le premier grand initiateur, qui se sont transformées. Cette transformation a tenu à deux causes parallèles. Les notions de plus en plus précises sur la nature et la localisation des lésions cranio-rachidiennes et en particulier des tumeurs, et les progrès remarquables d'une technique extrêmement minutieuse qui a, sans aucun doute, amélioré dans de grandes proportions les résultats de ces opérations jadis par trop décevantes. Cette ascension a été magnifique. Ira-t-elle beaucoup plus haut?

La chirurgie du sympathique prend tous les jours un nouvel essor, aussi bien dans les interventions sur les troncs et les ganglions que sur les réseaux péri-artériels. Leriche, qui s'est révélé comme un des esprits les plus élevés de la génération chirurgicale actuelle, a été le grand animateur de cette chirurgie si pleine d'applications nouvelles, comme autrefois son maître Jaboulay, à l'exemple duquel je me souviens d'être intervenu plusieurs fois, il y a plus de quarante ans, sur le sympathique cervical.

Que nous réserve la chirurgie osseuse ? On a usé et abusé, depuis 25 ans, du traitement sanglant des fractures et je me demande si, bien loin de les voir s'étendre, l'avenir ne verra pas ses indications se restreindre. Non pas, bien entendu pour les fractures ouvertes, dont la guerre nous a fourni de si nombreux et si terribles exemples, mais pour les fractures communes de la pratique quotidienne. On s'aperçoit que les bons appareils plâtrés de notre jeunesse donnent souvent d'aussi beaux résultats que les sutures les mieux faites, avec moins de complications et de déboires consécutifs. Sans doute la suture restera pour des cas bien déterminés. Il n'est pas vraisemblable qu'elle suscite un outillage bien supérieur aux admirables instruments que nous possédons aujourd'hui. Mais je demeure convaincu qu'une mise au point est en train de s'effectuer et que les indications de cette chirurgie ne se préciseront qu'à condition de se restreindre.

Et la chirurgie urinaire? Elle s'est, depuis 50 ans, transformée sous nos yeux d'une façon merveilleuse. Elle a acquis, dans le diagnostic et les indications opératoires, un degré de précision qui approche de la perfection. Que fera-t-on de plus qu'on ne fasse aujourd'hui et que perfectionnera-t-on dans cet outillage déjà parfait? Je ne suis pas de ceux qui croient à l'avenir de la greffe du rein. Et qui sait si l'extirpation de la prostate, qui connaît aujourd'hui une si belle et si juste fortune, ne cédera pas un jour la place, comme le fibrome utérin, à quelque traitement par les moyens physiques ? Non, ce n'est pas encore de ce côté-là que les chirurgiens de demain feront beaucoup plus et beaucoup mieux que nous !

Il n'est pas douteux, cependant, que la chirurgie glandulaire marquera des progrès dont il est difficile de mesurer l'étendue. Il est commun d'entendre dire qu'un avenir immense lui est réservé. C'est possible. Ce n'est pas certain, et je pense qu'il serait sage de ne pas trop nous échauffer à ce sujet. Sans doute, nous avons encore bien des choses à apprendre sur le rôle que jouent les glandes endocrines, et la physiologie nous montrera, dans cet ordre d'idées, des choses surprenantes. Mais fera-t-on dans cinquante ou cent ans, sur le corps thyroïde, au point de vue chirurgical, plus et mieux qu'on fait aujourd'hui? Il est permis d'en douter. Il est même permis de penser que les progrès certains de la thérapeutique opothérapique, restreindront en quelque mesure les progrès de la chirurgie glandulaire et même l'importance de sa pratique actuelle. De jeunes chirurgiens s'occupent un peu partout, je le sais, de cette chirurgie nouvelle et s'efforcent de défricher ce champ encore mal labouré, pendant que, dans les laboratoires, une pléiade de jeunes savants s'emploient à percer ces mystères. Les surrénales, les parathyroïdes voient pénétrer chaque jour quelques-uns de leurs secrets. Mais ce n'est pas cette chirurgie d'exception qui comblera le vide laissé par l'hystérectomie, si celle-ci disparaît un jour, ni par la gastrectomie, si le cancer est guéri par la chimie ou si l'ulcère, qui semble déjà menacé, guérit, lui aussi, médicalement.

Et l'hypophyse, organe misérable caché sous l'encéphale ? Que nous réserve-t-elle ? Au point de vue physiologique, elle révèle des mystères de plus en plus troublants. Au point de vue chirurgical, elle n'est plus inaccessible. Et je ne puis, sous ce rapport, songer sans quelque regret à un malade atteint de gigantisme auquel, vers 1895, mon ami Launois m'avait demandé d'enlever l'hypophyse. J'avais donc étudié la technique de cette opération. J'avais vu qu'il était relativement facile, sinon d'enlever l'hypophyse, au moins de la détruire en passant à travers le sinus sphénoïdal. J'étais jeune, à cette époque, et assez entreprenant. Mais quand je vins dire à Launois que j'étais prêt à tenter l'opération sur son malade, il recula devant les risques. La chose en resta là et je ne publiai pas mes recherches. S'il avait accepté, j'aurais pratiqué deux ans avant Hochenegg, et par un procédé à peu près semblable, la première intervention sur l'hypophyse. Le sort en a décidé autrement !

Et les greffes? où s'arrêtera-t-on dans cette voie,

qui a fait beaucoup parler d'elle, et peut-être trop? La réalité de l'action des greffes organiques n'est pas douteuse. Je connais des cas certains où les greffes ovariennes ont préservé les opérées des troubles endocriniens, et la greffe de la glande mâle, autour de laquelle il s'est fait plus de bruit que de raison, suit sans aucun doute la loi commune. Il y a là toute une série de recherches intéressantes et qui ne font que commencer.

Sans doute, dans cette chirurgie glandulaire, fera-t-on, guidés par une physiologie de plus en plus précise, des greffes plus fréquentes et plus efficaces que celles qu'on tente à présent.

Mais qu'est-ce que tout cela, je le répète, auprès de la chirurgie triomphante que nous avons vécue ?

Il y a cependant, heureusement pour notre art, une chirurgie qui conservera son nom, son vrai nom de chirurgie, et sa grandeur, et sa beauté! C'est la chirurgie obstétricale. Celle-ci ne changera pas. Elle verra même, au contraire, son domaine s'accroître encore !

Car tant que les accouchements resteront, dans l'espèce humaine, l'absurde et terrible fonction qui persiste depuis que les premiers mammifères sont apparus sur la surface de la terre, ils contribueront à provoquer les accidents qui font de cet acte sacré qui consiste à donner la vie l'injuste et funèbre martyrologe de la moitié de l'Humanité! Oui, les accoucheurs auront toujours devant eux les bassins rétrécis, les présentations vicieuses, les ruptures utérines, et sans doute aussi, bien que de moins en moins nombreuses, les infections puerpérales. Ils auront toujours devant eux ces innombrables ruptures de grossesses tubaires, qui seront toujours justiciables de la grande et vraie chirurgie, parce que, là où le sang coule, il faut aller l'arrêter, et parce qu'il n'y aura jamais, en dehors de l'action directe, une méthode qui nous en dispensera.

Non seulement la grande gynécologie obstétricale ne disparaîtra pas, mais elle verra sans aucun doute, accroître son domaine. Et si jamais un jour se lève où on n'opérera plus ni les fibromes, ni les cancers, ni les infections annexielles, — si jamais la grande chirurgie est rayée pour toujours du livre de la science —, eh bien! la grande gynécologie obstétricale sera toujours là pour montrer aux chirurgiens des temps à venir ce que faisaient les chirurgiens du temps où nous vivons !

Que peuvent donc être, dans le tourbillon qui emporte la chirurgie actuelle vers des destinées que je me suis efforcé de prévoir, que peuvent donc être les tendances modernes de la chirurgie — ou plutôt des chirurgiens qui la représentent ?

D'abord de travailler, chacun dans sa sphère, selon ses goûts et ses habitudes, ou sa puissance, ou son talent, sinon à trouver des choses nouvelles, car il n'y a plus grand'chose à trouver, au moins à chercher des perfectionnements à ce qui existe. Et c'est ainsi que chacun apporte ou sa pierre, ou son grain de sable, à l'édifice colossal !

On s'aide de plus en plus du laboratoire, et on a bien raison — à condition de n'en pas abuser. Les recherches radiologiques ont, à cet égard, ouvert une voie nouvelle dans les explorations cliniques. La radiographie, d'abord réservée aux lésions osseuses, étend de plus en plus son domaine : tube digestif, et en particulier région gastro-duodénale; voies biliaires et voies génitales, voies urinaires, jusqu'au rein; système artériel; cavités encéphalo-rachidiennes. Ses données s'accumulent, l'expérience des observateurs se perfectionne, les interprétations sont de plus en plus précises, et si la radiographie peut entraîner quelquefois à commettre des erreurs, il n'en est pas moins certain qu'elle en évite beaucoup plus. Quel que soit le degré de perfection qu'elle ait dès maintenant atteint, il est évident qu'elle se perfectionnera encore et qu'elle apportera au chirurgien une aide de plus en plus précieuse. Où s'arrêtera-t-on? On s'arrêtera tout de même! Et il en sera ainsi de toutes les ressources du laboratoire qui, dans tous les domaines, physique, chimique, bactériologique se sont merveilleusement développées depuis une génération. Certes, le laboratoire nous rend chaque jour les plus grands services. Il nous en rendra plus encore. Mais oserai-je dire ici, comme je l'ai déjà dit[1], que, pour les besoins communs de la chirurgie, on en abuse quelque peu! Il y a, aujourd'hui trop d'analyses, trop de prises de sang, trop d'injections intra-veineuses, trop de vaccins pré ou postopératoires, trop de ponctions lombaires, trop, beaucoup trop de transfusions de sang! La vieille chirurgie avait du bon! La simple analyse d'urine, dont nous nous contentions autrefois, avait moins de précision que la recherche de l'azotémie, mais nous obtenions tout de même, il y a 25 ans, des séries de succès aussi beaux que ceux d'aujourd'hui. Et si les analyses précises actuelles nous empêchent parfois d'opérer un malade qui serait mort, combien enlèvent-elles à l'opération de malades qu'on abandonne à leur destin et que l'opération eût sauvés ?

1. Chirurgie d'hier et de demain, *Presse Médicale*, 5 déc. 1934.

Que l'indispensable assistance que nous fournit le laboratoire ne nous fasse donc pas négliger la vieille clinique, l'expérience du malade, et l'art du diagnostic, qui sont, avec le bon sens, et grâce à lui, les bases fondamentales de la science de la chirurgie.

On parle beaucoup, en ce moment, des tendances physiologiques de la chirurgie. De grandes voix se sont élevées, avec éloquence, pour dire qu'il fallait maintenant tout subordonner à la recherche du rétablissement aussi complet que possible de la fonction, et que le grand art de l'opérateur était beaucoup moins de faire une intervention brillante que de réaliser une opération utile, et qui rétablira le malade dans des fonctions aussi normales que possible. Nul ne saurait contredire à cet avis, et il ne semble pas douteux que l'unanimité des chirurgiens ne se rencontre sur ce point.

Mais je ne vois pas bien, en vérité, ce que ce conseil présente de particulièrement nouveau. Il est certain que, depuis qu'il y a des chirurgiens, et, qui opèrent, c'est dans l'intention de guérir leurs malades et de les guérir le mieux possible. Que n'avons-nous pas entendu dire, dans notre jeunesse, alors qu'aux yeux de nos maîtres, les amputations demeuraient encore comme une sorte de symbole de la grande chirurgie, sur l'obligation de choisir son procédé opératoire suivant les nécessités de fonctionnement du moignon futur.

Les choses sont aujourd'hui moins élémentaires, et il est parfaitement vrai que, particulièrement dans la chirurgie gastro-intestinale, il y a dans tout ce qui touche à la localisation des sécrétions gastriques ou glandulaires, des notions précises dont ceux qui entreprennent ces opérations doivent se pénétrer, s'ils veulent que les résultats en soient favorables. Il y a là des conseils excellents, et qui peuvent être étendus à la chirurgie tout entière. Il est bien évident que l'idéal d'une opération, quelle qu'elle soit, en dehors de celle qui commande, pour sauver la vie, un sacrifice définitif, comme l'amputation d'un membre gangréné, doit être de rétablir autant que possible les choses dans leur situation et leur fonctionnement primitifs. Il est bien clair que la *restitutio ad integrum* doit toujours être le but idéal de la chirurgie. En gynécologie, en particulier, c'est tout le problème des opérations conservatrices, dont tout le monde est partisan, en théorie, mais que tous ne pratiquent pas avec la même fréquence, ni avec la même confiance, parce que leur expérience leur a montré qu'en voulant conserver un organe on conserve trop souvent la souffrance et la maladie.

En sorte que, en réalité, le programme qui consiste à recommander de faire une chirurgie physiologique, quelque justifié qu'il soit, ne me paraît pas changer grand'chose à ce qui existe aujourd'hui, où nous nous efforçons tous, tant que nous sommes, de guérir nos malades le mieux possible et de telle façon qu'ils ne regrettent pas de s'être décidés à tenter la dure épreuve d'une opération.

Faisons donc, dans la mesure des possibilités, de la chirurgie physiologique. Abandonnons, dans la mesure où nous le pourrons, la chirurgie d'exérèse pour la chirurgie conservatrice, en prenant cependant garde, je le répète, de ne pas aller trop loin dans cette voie. Car lorsqu'un organe est malade, qu'on l'a sous les yeux, et qu'on est tenu de prendre, sur sa conservation partielle, une décision instantanée, il est souvent bien difficile de savoir au premier coup d'œil, et même en s'aidant d'un examen microscopique extemporané, où commence et où finit ce que l'on juge pouvoir conserver et ce qu'il est indispensable de supprimer.

Mais je ne pense pas qu'il soit nécessaire, pour cela, d'obliger les futurs chirurgiens à passer deux ans dans un laboratoire de physiologie, comme on l'a proposé. Je demeure convaincu que ces deux années seront mieux employées pour eux, sous la direction d'un bon maître, dans une salle d'opérations, qui reste toujours, à mes yeux, le véritable laboratoire du chirurgien !

Encore une fois, je le dis sans craindre de me répéter, où cela nous conduira-t-il ? Quel avenir est réservé, dans cette voie, aux chirurgiens qui déjà viennent après nous ? Combien d'entre eux trouveront-ils, dans ce domaine dit physiologique, et qui ressemble beaucoup à ce que nous faisons aujourd'hui, un aliment nouveau nécessaire à leur travail, à leur talent, peut-être même à leur génie, si quelqu'un, parmi eux, sent en lui jaillir l'étincelle ?

Quels horizons auront-ils devant eux, à côté des espaces sans fin qui s'ouvrirent devant nos yeux, quand se déploya devant nous l'immense et magnifique empire de la chirurgie abdominale, que depuis cinquante ans nous avons parcouru ?

Faut-il compter parmi les tendances des chirurgiens modernes cette sorte de dilettantisme de la lenteur, qui semble s'être emparé de certains d'entre eux, et dont il faut sans doute chercher l'origine dans les beaux succès obtenus par Cushing en chirurgie cérébrale ? Car ce grand Maître ne recule pas devant des interventions de 3, 5, 6, 8 heures et même davantage ! Sans doute, il nous a montré que les opérations sur les centres nerveux doivent être conduites avec la

plus extrême minutie. Mais je demeure convaincu, d'après ce que j'ai vu faire par des hommes habitués à cette chirurgie difficile, à commencer par de Martel, et d'après ce que j'ai fait moi-même, il y a une quarantaine d'années, ainsi que pendant la guerre, où j'ai vu quelques malades soumis à des opérations intra-rachidiennes et cérébrales guérir parfaitement après des opérations de peu de durée, — je demeure convaincu, toutes choses égales d'ailleurs, que les malades du maître américain guériraient tout aussi bien, et mieux peut-être encore s'il s'appliquait à réduire, en quelque mesure, la durée de ses interventions. Je me suis même laissé dire, sans pouvoir d'ailleurs rien affirmer sur ce point, que des malades comparables, qui guérissent à Boston après une intervention de très longue durée, guérissent de même ailleurs, après une intervention de durée moitié moindre !

Sans aucun doute, mieux vaut, au cours d'une intervention, quelle qu'elle soit, opérer trop lentement qu'opérer trop vite. A opérer trop lentement, on ne risque que la fatigue du malade, quand il ne dort pas, ou la dépression de l'anesthésie, quand il dort, et aussi, la multiplication des possibilités d'infection. A opérer trop vite, on risque l'accident, et quelquefois l'accident grave ! Mais les mots de « rapidité » et de « lenteur » ne signifient rien par eux-mêmes. Telle opération peut être rapide alors qu'elle demande une heure, et telle autre trop longue, quand elle dure 20 minutes. Ce qu'il faut avant tout, — ce que je prêche depuis quarante ans, ce que je me suis efforcé de montrer par l'exemple pendant toute ma vie, — c'est *ne pas perdre son temps* à des tentatives superflues, à des manœuvres inutiles, c'est connaître les bonnes méthodes, suivre les bons principes, employer de bons instruments. C'est ainsi, et ainsi seulement, que, sans se presser, mais sans faire un geste inutile, le chirurgien prendra l'habitude des opérations rapides — et ses malades s'en trouveront mieux.

J'ai lu quelque part que l'exemple donné par la rapidité de certaines opérations gynécologiques, et en particulier des hystérectomies, avait été « néfaste ». C'est un bien gros mot, — et grave — ! J'estime, moi, que cet exemple a été salutaire. Si certains chirurgiens jugent bon de perdre leur temps à ne rien faire, au cours d'une opération, libre à eux. Mais ils ne seront pas seuls à en souffrir. Au surplus, chacun fait ce qu'il peut, et travaille à sa mesure.

Il faut choisir, a dit encore le même apôtre fervent de la lenteur opératoire, il faut choisir « entre la technique du joaillier et celle du charron ». J'ai déjà répondu, et je réponds encore : « Entre la technique du joaillier et celle du charron, il y a la technique du mécanicien ». C'est celle à laquelle je me suis efforcé d'obéir pendant toute ma vie ! C'est celle à laquelle je continuerai à sacrifier tant que le bistouri ne tombera pas de mes mains.

J'espère donc profondément, pour le bien des malades, et aussi pour la beauté, la grandeur et la gloire de la chirurgie, que ce mysticisme des opérations interminables ne fera pas d'autres prosélytes que ceux qui ne se sentent pas dans le cœur, dans les muscles et dans le cerveau la puissance de faire autrement, et que les chirurgiens de l'avenir s'efforceront de faire ce que nous avons fait nous-mêmes, en essayant d'adapter les qualités de nos vieux maîtres aux exigences de la chirurgie renouvelée : opérer simplement, posément, sans hâte comme sans lenteur : « Cito, tuto et jucunde ! » C'est le meilleur souhait qu'un vieux chirurgien puisse faire pour ceux qui viendront après lui.

J.-L. Faure,
Membre de l'Institut
et de l'Académie de Médecine.

MÉTHODES ET PROBLÈMES DE LA MICROEXPÉRIMENTATION CELLULAIRE

I. — La cytologie expérimentale.

Dans la période descriptive de la biologie, on cherchait à trouver les lois générales qui gouvernent les phénomènes de la vie par l'observation et la description des faits, morphologiques ou évolutifs. Et ce n'est qu'après les énormes progrès, réalisés dans les sciences exactes, la physique et la chimie surtout, qu'on a commencé à se hasarder à employer les mêmes méthodes expérimentales et la même manière de voir aussi dans le domaine de la biologie, en créant dans ce but une nouvelle discipline, la biologie générale, qui devint, vers le commencement du siècle, de plus en plus une biologie expérimentale.

L'idée physiologique, le dynamisme, s'introduisait dans toutes les branches de la zoologie et de la botanique. Mais la physiologie même, quoique employant la technique expérimentale, se contentait souvent de décrire simplement les faits, qu'elle observait; en exposant les objets biologiques à l'action de divers facteurs, elle essayait d'en tirer des conclusions, plus ou moins plausibles. C'était, en quelque sorte, une méthode d'« essai et d'erreur », appliquée à la science même. L'analyse systématique des phénomènes vitaux par le moyen de l'expérimentation est d'une réalisation tout récente, qui remonte au plus à un quart de siècle. *L'expérimentation analytique en biologie*, dont le corollaire et la conséquence naturelle est l'expérimentation synthétique, qui s'esquisse encore à peine, est une des bases, sur lesquelles repose la plus jeune des disciplines biologiques, la Cytologie expérimentale.

Son autre base est la *microscopie*. Elle s'est constituée, en réunissant ces deux principes : celui de l'expérimentation analytique, et celui de la microscopie. Elle aborde les problèmes biologiques généraux au moyen d'une technique extrêmement fine, s'appliquant à des unités minimes de la vie, les cellules, — elle expérimente analytiquement avec des cellules.

Il existe deux voies, par lesquelles l'expérimentation cellulaire peut se faire : l'une c'est la *macro-expérimentation cellulaire*, qui est appliquée à des masses relativement grandes et homogènes des cellules identiques, — les résultats obtenus sont rapportés alors à la vie d'une cellule seule de cette catégorie. Beaucoup de travaux bactériologiques, des expériences faites sur les levures, les spermatozoïdes, les hématies, les travaux sur la respiration des œufs d'Oursin (WARBURG), les travaux de la mécanique évolutive, surtout sur l'influence des facteurs chimiques dans l'ontogénèse, les travaux de J. LOEB sur la parthénogénèse expérimentale et autres sont de ce genre.

L'autre voie, c'est celle de la *micro-expérimentation cellulaire*, qui cherche à opérer sur une cellule seule isolée, et qui s'efforce d'arriver à détruire, léser, extirper ou irriter les organites de la cellule; en enregistrant les effets surtout par des techniques objectives, elle cherche à établir les lois qui gouvernent les principales manifestations de la vie. Certes, il y a eu dans le temps passé des essais, parfois très ingénieux, d'expérimenter sur la cellule isolée, il suffit de citer, par exemple, les noms de CHABRY, VERWORN, W. ROUX, BATAILLON et autres. Mais il s'agissait souvent alors des cellules relativement grandes, comme les œufs des Batraciens, ou bien encore c'étaient surtout des facteurs chimiques ou thermiques, qu'on appliquait, dont la manipulation ne présentait pas trop de difficultés. Mais, dans l'application de n'importe quels facteurs, par exemple mécaniques, électriques ou de radiations, on se heurtait à de grands obstacles, qui consistaient surtout en la petitesse des éléments qu'on voulait manœuvrer. Par exemple, les œufs d'Oursin, qui sont un objet de choix pour de telles recherches, vu leur transparence et leurs réactions nettes et bien connues, comme leur développement, les oxydations et autres phénomènes biochimiques, présentaient de nombreuses difficultés. Pendant des années, je me suis occupé des possibilités de doser en quantités minimes les facteurs, surtout physiques, et je me suis efforcé d'établir des techniques permettant leur application à des éléments cytologiques, tels que les parties localisées du cytoplasme, du noyau, et de divers points de la surface cellulaire.

La situation actuelle en biologie nous force à envisager les problèmes cytologiques à deux points de vue : on cherche à établir les lois, qui gouvernent les phénomènes de la vie cellulaire, en les considérant comme des phénomènes *sui generis*, propres à la matière vivante, sans se préoccuper (pour le moment?) d'explications physico-chimiques possibles. C'est l'ensemble des problèmes, qu'on pourrait nommer *bionomiques* : la plupart des problèmes de la multiplication des organismes, connues en cytologie expérimentale comme

problèmes de la physiologie du développement, s'y rapportent. L'autre point de vue, celui du *biomécanisme,* essaie de traiter les phénomènes cellulaires, en se basant sur nos connaissances actuelles des lois physiques et chimiques. L'ensemble de ces problèmes est parfois dénommé la physico-chimie cellulaire.

Je me suis efforcé d'élaborer des techniques, permettant d'aborder la recherche cytologique, en envisageant ces deux points de vue de l'expérimentation cellulaire.

II. — **Les techniques micro-opératoires.**

Mon *micromanipulateur mécanique,* construit en 1911 (et suivi plus tard par ceux de CHAMBERS, de PÉTERFI et celui tout récent de DE FONBRUNE), m'a apporté une première solution. Il se compose d'un support, adapté au tube du microscope (fig. 1), et qui porte une pince, orientable avec précision dans toutes les directions; dans la pince, on monte une aiguille très fine, en acier ou en verre, ou une micropipette capillaire, ou une micro-électrode, un microcautère, etc. L'extrémité de l'instrument est mise au point de l'objectif; en abaissant le tube, on arrive alors à toucher l'objet à opérer. Grâce aux mouvements de la platine à chariot, l'objet est déplacé par rapport à

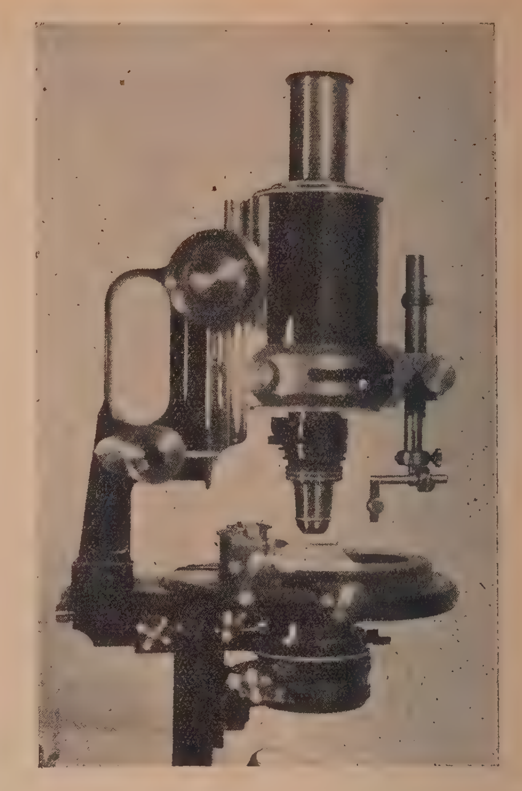


Fig. 1.

Fig. 2.

la pointe, et on opère ainsi la piqûre, ou la dissection, l'injection, la cautérisation, l'irritation, etc.

Les micromanipulateurs mécaniques ont donné les derniers temps à la Cytologie expérimentale, surtout entre les mains de CHAMBERS et de ses collaborateurs, une série des données précieuses, spécialement sur les propriétés physico-chimiques du cytoplasme et de ses constituants. Les recherches sur la viscosité du cytoplasme, sur le pH et le rH intracellulaire, les différences de potentiel électrique, mesurées sur une cellule isolée, le prouvent.

Moi-même, j'ai cherché, depuis 1912, une méthode plus fine encore, qui permettrait des lésions ou irritations dosées à l'intérieur de la cellule et agissant électivement sur ses parties constitutives. Il s'agissait de transformer le microscope, appareil d'observation, en un instrument de microchirurgie, opérant à l'aide d'un faisceau minime de rayons délétères (rayons ultraviolets), en une sorte de canon, bombardant, au moyen des rayons, les parties minuscules bien localisées de la cellule. C'est la méthode de la radiopiqûre ou *micropuncture ultraviolette* (fig. 2).

Comme source des rayons de 280 μμ, j'ai utilisé le dispositif de A. KOEHLER pour sa méthode de la microphotographie ultraviolette : la lumière d'une étincelle entre des électrodes de magnésium, est condensée et dispersée par un monochromateur en quartz. Sur le parcours du faisceau invisible de 280 μμ, qui seul est admis dans le microscope, je place une fente réglable avec précision, de moins d'un millimètre d'ouverture; son image est projetée, au moyen d'un objectif monochromatique en quartz, calculé par v. ROHR pour la microphotographie ultraviolette, et placé en position renversée, dans la douille du condensateur, sous la platine du microscope, dans le plan d'une préparation (fig. 3). La section transversale du faisceau, qui sert à l'opération de la micropuncture, atteint dans le plan de la préparation 10 à 5 μ et peut descendre jusqu'à 2 μ; ce sont des dimensions du noyau cellulaire et même moins. La mise au point se fait au moyen d'une préparation fluorescente et de l'aiguille d'un

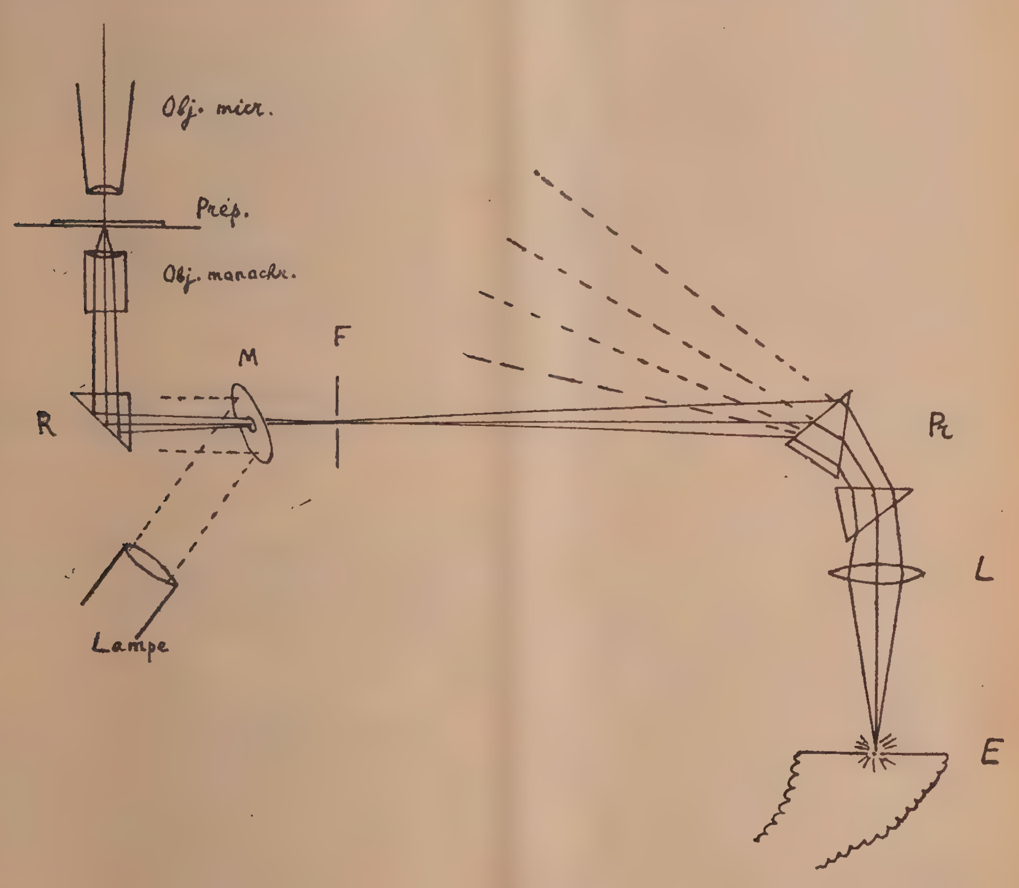


Fig. 3.

oculaire indicateur (fig. 4). Après avoir remplacé la goutte de fluorescéine par l'objet à opérer, on amène l'organite cellulaire à piquer en coincidence avec la pointe de l'aiguille de l'oculaire, en manœuvrant les vis micrométriques de la platine à chariot. Pour voir la préparation avant et pendant l'opération, on fait passer le faisceau de lumière ultraviolette à travers un miroir troué, qui est éclairé par une lampe et réfléchit la lumière de cette dernière dans le plan de la préparation. Or, on sait maintenant que, sous la pointe de l'aiguille se trouve la place, où passe l'étroit faisceau des rayons ultraviolets, et, en plaçant le point de la cellule à

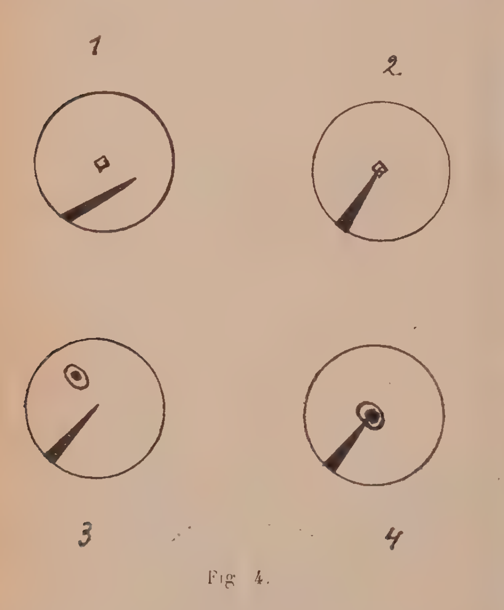


Fig. 4.

piquer sous la pointe de l'aiguille, on arrive à irradier le point voulu, bien circonscrit.

Les recherches, entreprises avec la méthode de la micropuncture, montrèrent que, dans les irradiations intracellulaires, il fallait tenir compte des lésions, produites sur la surface de la cellule par les rayons, traversant le cytoplasme, avant d'atteindre le noyau; la cellule entière en était affectée. Pour éviter ces inconvénients, certaines *précautions* furent nécessaires; ainsi, dans le cas des œufs marins, il faut entreprendre l'irradiation dans des solutions, contenant un excès de l'ion calcium, qui rend plus compacts les colloïdes des couches superficielles de l'œuf, pendant la durée de l'irradiation; pour éliminer l'action sur le cytoplasme même, il faut amener le noyau à la périphérie de la cellule, soit en centrifugeant l'œuf, soit en l'aplatissant dans un compresseur (fig. 5 *a*), soit en l'étirant en forme de boudin dans un tube capillaire (*b*), etc.

La nécessité est apparue de recourir à une technique spéciale de *micromanipulations :* j'ai utilisé comme chambres, contenant la cellule pen-

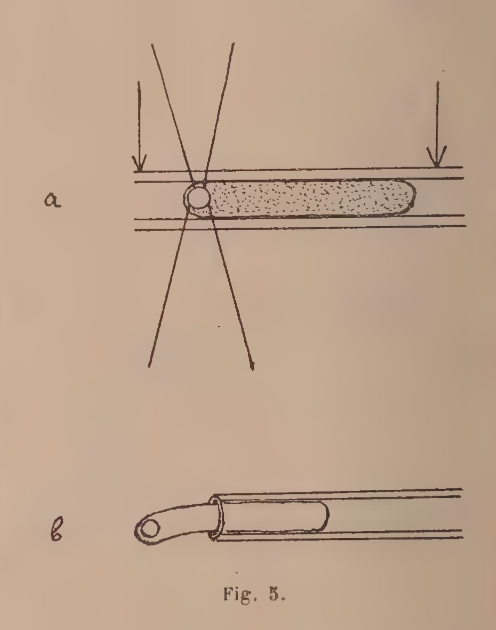


Fig. 5.

dant l'irradiation, des tubes capillaires en quartz, ou bien une gouttelette d'eau, recouverte d'huile de paraffine, sur un porte-objet en quartz. Le

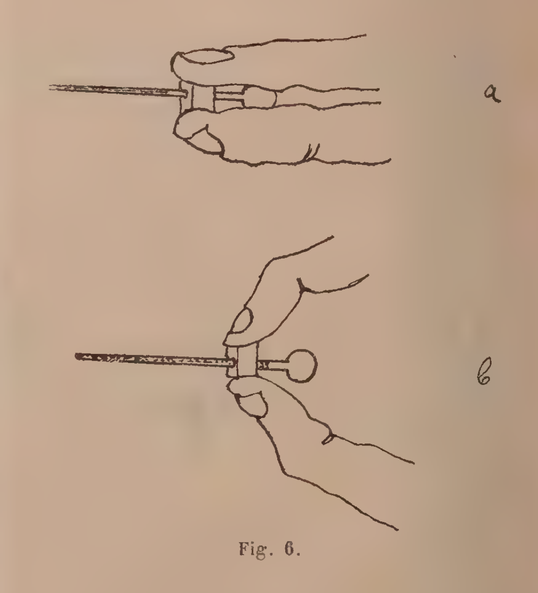


Fig. 6.

transport des cellules était effectué au moyen de *micropipettes* capillaires, fonctionnant par dilatation (à la chaleur de la main) de l'air, contenu dans l'extrémité fermée, renflée en ampoule (fig. 6). Après l'opération, la cellule est transportée dans une chambre postopératoire, permettant l'observation ultérieure, sorte de *microclinique.*

Les cellules mobiles, comme les Infusoires, doivent être immobilisées pour la durée de l'opé-

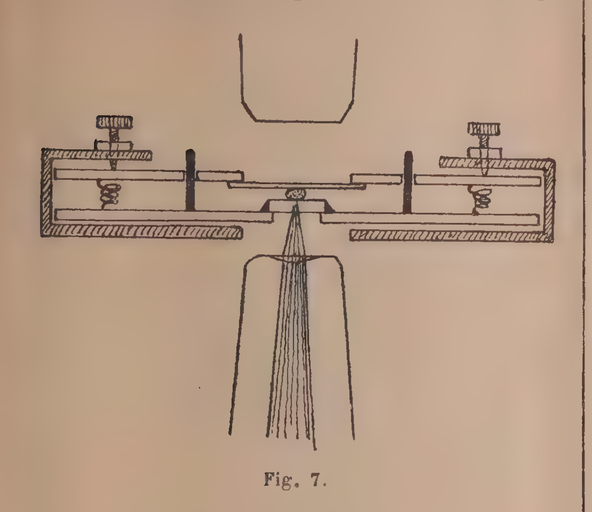


Fig. 7.

ration : on arrive à le faire au moyen d'un *microcompresseur* (fig. 7), qui peut servir aussi comme une *microguillotine* pour couper les cellules en deux, etc.

Un autre appareil, pour la *microfixation*, permet d'appliquer les fixateurs au moment voulu pendant l'irradiation. Un autre dispositif permet de faire varier la constitution chimique du milieu pendant l'opération, en faisant circuler des liquides, tout en maintenant la cellule immobilisée entre les lames du compresseur. Dans la *microchambre à gaz*, on peut étudier les réactions des cellules à la *micropuncture* dans les divers gaz. Une série d'autres appareils permet de mesurer : la respiration d'une cellule isolée, pendant qu'on irradie son noyau ou les autres parties; l'absorption élective des rayons par les éléments constitutifs de la cellule; et l'énergie de rayonnement, y introduite. On peut aussi étudier à l'ultramicroscope les modifications des colloïdes en un point localisé de la cellule, etc.

(A suivre.)

Serge Tchakhotine.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences physiques et chimiques.

Papanastassiou (Ch-E.). — **Les théories de la lumière de Descartes à nos jours et l'évolution de la théorie physique.** — 1 *vol. in-8° de* 162 *pages. Jouve et Cie, éditeurs, Paris,* 1935.

Le sens et la portée des théories physiques ont fait l'objet de nombreuses discussions et celles-ci ne prendront sans doute pas fin de sitôt, du moins tant qu'il y aura des physiciens et des philosophes. On admet assez souvent qu'une théorie physique doit être une construction logique reposant sur un petit nombre de principes et destinée à rendre compte de l'ensemble des phénomènes qu'elle a pour objet de grouper.

Se proposant de soumettre cette conception de la théorie physique au contrôle des faits, l'auteur fait une étude critique très complète et très documentée des transformations qu'ont subies au cours des siècles les théories qui ont été proposées pour rendre compte des phénomènes lumineux. Il insiste sur les divers aspects sous lesquels se sont présentées ces théories. Il montre que la découverte de faits nouveaux peut obliger les physiciens à changer d'explication et même à revenir à une théorie abandonnée, comme cela a été le cas pour la théorie des quanta qui a été un retour à la théorie de l'émission, à une époque où celle-ci apparaissait comme définitivement périmée. Il décrit ensuite les diverses étapes de la lutte entre la théorie des quanta et celle des ondulations. Il montre qu'aucune de ces deux théories n'a pu suffire à l'explication de l'ensemble des phénomènes lumineux et qu'il a fallu les concilier en une théorie mixte.

Il a été amené ainsi à modifier la conception qu'on se faisait généralement, jusqu'ici, de la théorie physique. Pour lui toute théorie physique contient une part de vérité, a quelque chose de bon, et elle ne doit pas être rejetée à la légère. Elle a une valeur objective et s'applique dans un certain domaine. Quand un fait ne cadre pas avec les déductions qu'elle permet d'établir, il ne faut pas en conclure qu'elle est fausse, mais seulement qu'elle n'est pas complète ou encore qu'on est sorti de son domaine de validité.

La discussion très pénétrante de M. Papanastassiou mérite de retenir l'attention des physiciens et des philosophes; elle intéressera vivement tous ceux qui ne sont pas seulement curieux de connaître les résultats de la science, mais qui aiment à se rendre compte de la marche que suit l'esprit humain dans la recherche de la vérité.

A. Boutaric.

⁂

Partington (J.-B.). — **Origins and Development of applied Chemistry.** — 1 *vol. in-8° de* 598 *pages.* 1re *édition. Longmans Green and C°, avril* 1935.

Le chimiste qui se cantonne dans sa sphère de préoccupations spécialisées ne s'intéresse guère à l'évolution des idées théoriques relatives à sa science que si elles ne sont pas antérieures à Lavoisier. Il remonte plus loin dans l'étude des théories chimiques seulement s'il possède des goûts d'historien ou de philosophe. Mais par contre les faits positifs acquis antérieurement en Chimie par l'humanité ne le laisse pas indifférent. Il lira donc avec plaisir le livre de J.-R. Partington professeur de Chimie à l'Université de Londres, Queen Mary College. D'un autre côté l'archéologue y trouvera non seulement du plaisir mais encore un grand profit à puiser dans cet ouvrage les renseignements précieux qu'il contient en si grande abondance. Origins and Development of applied Chemistry s'adresse donc à toutes les personnes qui de près ou de loin s'occupent de chimie, d'archéologie, d'histoire ancienne.

Jusqu'à l'époque romaine les théories chimiques ont été si peu développées que la partie purement chimique de cet ouvrage est à la portée de tous. Par contre on peut savoir gré à l'auteur d'avoir, au début de chaque section de son ouvrage, exposé d'une manière très nette et très simple l'état de nos connaissances historiques sur chacune des civilisations dont on étudie l'industrie chimique. Dans ces introductions l'auteur expose surtout, et cela à chaque époque, l'état de la civilisation matérielle. Après cette sorte de synthèse il développe son étude d'une manière analytique en passant en revue chaque genre d'industrie chimique et cela dans l'ordre logique c'est-à-dire débutant par les composés minéraux pour terminer par les composés organiques. L'étude des composés minéraux commence par celle des métaux et se poursuit par l'industrie des sels, des pierres précieuses, des verres, des céramiques, des matériaux de construction, etc. En chimie organique on étudie les produits végétaux et animaux, la parfumerie, la peinture, les produits médicinaux.

L'ensemble de l'ouvrage forme donc une collection de monographies sur l'industrie chimique des divers peuples égyptien, babylonien et assyrien, troyens, cypriotes, perses, phéniciens et juifs.

Ce livre constitue un merveilleux outil de travail dont la rédaction dénote un effort considérable. Cet outil est d'un maniement facile car non seulement les subdivisions sont abondantes mais la recherche des documents est rendue très aisée par des index nombreux et abondants concernant les auteurs et les publications, les personnes et les nations, les localités, les matières, enfin les termes grecs.

Jh Martinet.

2° Sciences naturelles.

Brolemann (H.-W.). — **Myriapodes, Diplopodes (Chilognathes I) Faune de France, 29.** — 1 *vol.* 369 *pages,* 750 *fig, Leehevallier,* 12, *rue de Tournon, Paris-VIe.*

Cet ouvrage fait suite à celui que l'auteur avait publié dans la même collection, sur les Myriapodes, Chilopodes. Il débute par une partie générale qui intéressera tous les Zoologistes, et qui passe en revue successivement, l'Organisation, le Développement post-embryonnaire, la Biologie, la Zoogéographie, des Chilognathes. Cette partie générale comprend 76 pages, suivies de 280 pages de classification contenant les clefs dichotomiques conduisant à la détermination de toutes les espèces françaises. Puis chacune d'elles est présentée avec ses caractères distinctifs où les pièces génitales jouent un rôle très important. Les figures très nombreuses et très claires permettent de les reconnaître avec précision. Les localités sont mentionnées pour chaque espèce. Cet ouvrage indispensable pour l'étude des Myriapodes, au point de vue de la Zoologie, rendra aussi de grands services au point de vue agricole, car beaucoup d'espèces de ce groupe sont nuisibles aux végétaux. Il n'existait pas encore en France sur ce sujet, un livre semblable.

L. Semichon.

3° Divers.

Le Chatelier (H.). — **L'Industrie, la Science et l'Organisation au XXe siècle.** — 1 *vol.* (13 × 21) *de* iv-82 *pages,* 1 *figure. Paris, Dunod.* 1935. (*Prix, broché :* 10 *fr.*).

Ce petit ouvrage contient trois conférences données par M. H. Le Chatelier à l'Ecole sociale d'Action familiale du Moulin-Vert.

La première conférence montre le progrès des sciences expérimentales depuis un siècle, la croissance corrélative de la production industrielle et les changements profonds qui en sont résultés dans la vie des hommes.

La deuxième conférence expose les raisons du développement tardif des sciences expérimentales, les caractères communs et les méthodes générales qu'on trouve dans ces sciences, les règles à suivre dans la recherche des lois qui les régissent, enfin le rôle joué à cet égard par les laboratoires industriels.

La troisième conférence rappelle les principes des méthodes d'organisation et l'importance de la préparation du travail tant en ce qui concerne les questions industrielles que les occupations de notre vie quotidienne.

On lira avec profit et agrément ces pages dans lesquelles l'éminent savant développe, avec une grande hauteur de vues mais sous une forme très aisément accessible à tous, les idées qui lui sont chères en les étayant de nombreux exemples.

Ph. T.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 20 *Mai* 1935 (suite).

Sciences naturelles. — M. **Louis Fage** : *Sur la localisation dans les eaux moyennes du Pacifique d'un Mysidacé pélagique peu connu.* Un exemplaire de ce curieux crustacé, long à peine de 12 mm., avait été trouvé près de l'Australie, lors de l'expédition du Challenger et décrit sous le nom de *Ceratolepis hamata.* Près de 200 exemplaires viennent d'en être trouvé récemment dans le Pacifique. L'auteur en donne une description détaillée et constate que tous les caractères décrits légitiment la place du *Ceratolepis* dans le sous-ordre primitif des *Lophogastridea.* Il est intéressant de noter la localisation remarquable de cette espèce à une aire relativement restreinte du Pacifique. — M. **M. Burgaud** : *Observations magnétiques dans le sud et le sud-ouest de la Chine, et carte des isogones et isodynames.* — M. **Louis Emberger** : *Nouvelles recherches botaniques dans le Grand Atlas oriental.* — MM. **Jean Chaze** et **André Sarazin** : *Le parasitisme du Champignon de couche par la Môle est un phénomène réversible.* Les expériences décrites montrent que le parasitisme de la Môle sur le Champignon de couche est un phénomène réversible, puisque en culture pure la croissance du « blanc » ralentit et arrête ensuite celle du Mycogone, elle empêche aussi partiellement sa sporulation, ce qui constitue une forme de parasitisme. Pour expliquer de tels effets on peut supposer que l'appareil végétatif du Psalliote sécrète des anticorps qui diffusent dans le milieu nutritif. Dans les champignonnières ces anticorps subissent sans doute des transformations plus ou moins prononcées et perdent ainsi une partie de leur efficacité. Une telle sécrétion serait nulle ou très réduite dans les filaments dégénérés ou affaiblis qui seuls sont propres à l'invasion ou à la recrudescence de la maladie. — M. **Armand Dehorne** : *Caractères anatomiques et cytologiques des néphridies thoraciques des* Sabellaria. — — M. **Paul Mathias** : *Cycle évolutif d'un Trématode Holostomide* (Cyathocotyle Gravieri n. sp.). L'œuf pondu dans l'eau donne un miracidium pourvu de deux taches oculaires qui, après pénétration dans une *Bithynia tentaculata* L., forme des sporocytes puis des cercaires sans ventouse ventrale, à queue bifurquée dépourvue de membrane ondulante. Les cercaires mûres sortent du Mollusque et vont former des kystes dans les Poissons tels que Vairons et Goujons. Absorbés par un Oiseau tel que le Canard, ces kystes évoluent en *Cyathocotyle Gravieri* adultes qui pondent au bout de 3 jours et demi et le cycle recommence. — M. **Octave Duboscq** et Mlle **Odette Tuzet** : *Un nouveau stade du développement des Eponges calcaires.* — Chez les jeunes larves de *Grantia* ou de *Sycon*, la formation de l'amphiblastule définitive est due à un processus inattendu, encore inconnu dans l'embryologie des Métazoaires. Les flagelles restent attachés pendant tout le développement au même pôle cellulaire et les cellules flagellées viendront se placer sous les choanocytes, à la suite d'un démasquage, dû à l'écartement de la couche des cellules granuleuses, qui s'ouvre comme un diaphragme. Ce démasquage détermine une inversion des surfaces, qui est tout autre chose que l'inversion des feuillets. La gastrulation, qui se fera plus tard ramènera la surface flagellée à l'intérieur de la larve, comme elle s'y trouvait d'abord. Il y a là un ensemble de faits qui rendent toujours très particulier le développement des Eponges, mais d'une tout autre façon qu'on l'avait admis jusqu'ici. — M. **Georges Ungar** et Mlle **Marie-Rose Zerling** : *Intervention d'une transmission humorale dans la vasodilatation dite antidromique. Arguments en faveur de l'existence de nerfs histaminergiques.* — La présente Note contient quelques preuves en faveur de l'existence d'une transmission neurohumorale histaminique, intervenant dans les phénomènes connus sous le nom de vasodilatation antidromique et de réflexe d'axone. Ces preuves sont : la libération d'histamine par excitation du bout périphérique des nerfs sensitifs, l'absence de cette libération lorsque ces nerfs sont dégénérés et enfin l'intervention de l'histamine dans la vaso-dilatation par réflexe dépresseur ou sinocarotidien. Ce dernier fait montre que l'histamine peut constituer un agent de transmission physiologique. On peut donc admettre, à côté des systèmes adrénergique et cholinergique, un troisième système, celui des nerfs histaminergiques. — Mme **Véra Dantchakoff** : *Sur l'équivalence des tissus somatiques dans les gonades du Poulet.* — Une asymétrie curieuse s'observe pendant la formation des ébauches gonadiques chez le Poulet : les tissus somatiques des futures gonades prolifèrent plus vigoureusement à gauche qu'à droite. Dans un embryon femelle l'épithélium gonadique prolifère et forme un cortex à gauche, alors qu'à droite il s'atrophie. Chez le mâle, après la régression de l'épithélium gonadique, les deux testicules atteignent bientôt un développement à peu près égal. L'auteur a cherché expérimentalement les facteurs qui déterminent et maintiennent l'asymétrie des ébauches et a constaté que l'épithélium gonadique est au repos chaque fois que les corrélations avec les cellules germinales manquent à s'établir : dans le sexe mâle à la suite des tropismes électifs qui déplacent les cellules germinales dans la profondeur des ébauches ; dans le sexe femelle, à gauche, après stérilisation précoce et complète de l'embryon ; à droite, à la suite de facteurs extrinsèques qui, dans le développement typique, inhibent les corrélations germino-colœmiques. — MM. **Charles Achard** et **Augustin Boutaric** : *Etude physico-chimique des transformations qu'éprouve le sérum sanguin sous l'influence du chauffage.* L'adsorption des protéines sériques par le charbon n'éprouve aucune discontinuité lorsqu'on chauffe le sérum progressivement pendant des temps prolongés à des températures comprises entre 55° et 62° ; en particulier la

température à laquelle on admet que se détruit le complément ne se révèle par aucune variation brusque. Les particules sériques grossissent régulièrement à mesure que croissent la durée et la température de chauffage. Il semble résulter des présentes recherches qu'un chauffage prolongé doit entraîner une agglomération progressive des molécules sériques qui se soudent par une des extrémités de leur chaîne. — MM. **Pierre Grabar** et **André Riegert** : *Sur la nature de l'uréase ; moyen d'en aborder l'étude à l'aide de l'ultrafiltration fractionnée.* L'activité de l'uréase est intimement liée à des molécules très volumineuses de nature protéidique ; suivant le mode de préparation ou suivant la provenance des échantillons d'uréase, ces particules sont, soit de dimensions différentes, soit à un état d'agrégation différent, soit même à un état polydisperse dans la solution. La tryptase, tout en dégradant la globuline de l'uréase cristallisée, diminue progressivement l'activité uréasique jusqu'à la faire disparaître complètement ; les molécules plus petites, qui résultent de cette dégradation sont dénuées de toute activité. — MM. **Auguste** et **René Sartory**, **Jacques Meyer** et **Frédéric Arnold** : *Essais comparatifs de dosage du phosphore et du potassium contenus dans un sol arable au moyen de la méthode chimique de Hilgard, de la méthode biologique de Neubauer et de celle de Niklas à l'aide du* Sterigmatocystis nigra. — MM. **C. Levaditi** et **Jean Vieuxchange** : *Inoculabilité de certains virus neurotropes (herpès, poliomyélite) par la voie du conduit auditif externe.* Il est possible de conférer l'encéphalite herpétique au Lapin en déposant le virus dans le conduit auditif externe. Les conditions expérimentales ont été telles que toute contamination par une autre voie que celle-ci est pratiquement exclue. Cette pénétrabilité du virus de l'herpès par cette voie n'appartient pas seulement à ce germe : il a, en effet, été possible de conférer la poliomyélite au singe en administrant le virus poliomyélitique par le conduit auditif externe. — M. **Charles Nicolle** et Mme **Hélène Sparrow** : *Infection par voie conjonctivale des petits singes avec le virus typhique murin I des rats de Tunis.* L'instillation oculaire répétée du virus murin I (suspension du cerveau des rats de passage) a été pratiquée sur cinq petits singes. Trois ont présenté, à la suite, une infection inapparente, prouvée par les résultats de la réaction de Weil-Félix et par leur résistance à l'épreuve, pratiquée avec le virus historique. Quatre rats blancs traités de la même manière que les singes n'ont présenté ni fièvre, ni Weil-Félix positif, ni immunité.

Séance du 27 *Mai* 1935.

M. le Président annonce la mort de M. **Hugo de Vries**, correspondant de l'Académie.

1° Sciences mathématiques. — M. **M. Krasner** : *Sur la théorie de la ramification des idéaux.* — M. **E. Vaulot** : *Sur l'application du calcul des probabilités à la théorie du trafic téléphonique.* — M. **P.-J. Myrberg** : *Sur la détermination du type d'une surface riemanienne simplement connexe.* — M. **P. Boos** : *Sur l'intégrale générale de certaines équations différentielles considérée comme fonction des constantes d'intégration.* — M. **C. Miranda** : *Un nouveau critère de normalité pour les familles de fonctions holomorphes.* — M. **G. Valiron** : *Sur une généralisation du théorème de Schottky.* — M. **Eug. Blanc** : *Sur les correspondances multiformes monotones.* — M. **G. Petiau** : *Sur une forme de l'équation du photon.* — M. **J. Kravtchenko** : *Sur la validité des solutions du problème des sillages.* — MM. **Ch. Carmichel**, **J. Parmentier** et **L. Escande** : *Contribution à l'étude des veines liquides ; solutions multiples ; opérations non commutatives. Expériences effectuées sur des modèles réduits et au barrage de Vives-Eaux sur la Seine.* Il existe une distinction très nette entre les propriétés des systèmes à fond fixe et à fond affouillable. En outre il existe des configurations multiples des filets liquides à l'aval d'un barrage mobile et il est possible de les faire apparaître par divers moyens. On peut ainsi, par la manœuvre des éléments mobiles, réaliser les conditions d'écoulement les plus avantageuses pour la protection du lit.

2° Sciences physiques. — M. **Armand de Gramont** : *Inverseur optique.* L'auteur montre qu'on peut remplacer le prisme de Wollaston par un dispositif qui met en jeu une réflexion totale et la double réflexion d'un prisme en toit. — M. **F. Charron** : *Utilisations diverses de la suspension bifilaire.* L'auteur a utilisé la suspension bifilaire comme électromètre absolu plan-sphère en remplaçant la barre par une sphère suspendue en deux points au-dessus d'un plan. — M. **L. Dunoyer** : *Sur la principale cause d'infériorité des niveaux à bulle comparés aux bains liquides.* L'infériorité du niveau à bulle sur le bain liquide vient, non pas de ce que la surface libre en son milieu est moins parfaitement horizontale, mais de ce qu'on observe, au lieu de la normale à cette surface, la droite qui joint les raccordements. — M. **J. P. E. Duclaux** : *Influence de la lumière sur la polarisation anodique du tungstène.* Une anode de Tu en contact avec une solution acide présente un phénomène de polarisation anodique, avec formation d'une couche d'oxyde à très haute résistance. La lumière ultraviolette provoque une dépolarisation de l'anode qui se traduit par une brusque augmentation de courant. L'effet produit par la lumière présente un phénomène de fatigue extrêmement accentué. — M. **R. Guillien** : *Sur la biréfringence électrique de l'oxygène et de l'azote liquéfiés.* L'auteur l'a mesurée à différentes températures ; les résultats sont bien représentés par une fonction linéaire de l'inverse de la température absolue. Ceci confirme l'absence de moment électrique permanent pour les molécules de ces deux corps. — Mme **I. Curie**, MM. **H. von Halban jun.** et **P. Preiswerk** : *Sur la création artificielle des éléments d'une famille radioactive inconnue, lors de l'irradiation du thorium par les neutrons.* Il existe dans le thorium irradié au moins 4 radioéléments créés artificiellement, de périodes d'environ 1 min., 15 min., 25 min., 3 h. et 1/2, émetteurs de rayons γ. — Mlle **H. Zavizziano** : *Entraînement du protactinium par le titane.* Le titane constitue un entraîneur aussi bon et peut-être meilleur du protactinium que Ta ou Zr employés jusqu'ici. Par son moyen, il suffit d'une seule précipitation pour rassembler la presque totalité du protactinium contenu dans une solution ; il a en outre

l'avantage de se mettre plus facilement en solution acide que Ta. — MM. **V. Lombard** et **Ch. Eichner** : *Grande et brusque variation de la perméabilité du palladium à l'hydrogène un peu au-dessous de 200° C.* Les auteurs attribuent cette variation non à un changement d'état du Pd, mais à un changement dans la façon de se comporter de l'H vis-à-vis de ce métal. — Mlle **N. Klein** : *Etude des inégalités d'indice à l'intérieur d'un verre.* L'étude d'un échantillon de verre sous l'interféromètre (par immersion pour éviter l'effet des faces), combinée avec les mesures d'indices faites directement sur les faces, permet de décrire complètement la forme des surfaces d'égal indice à l'intérieur du verre. — M. **E. Raymond** : *Méthode de séparation quantitative du nickel et du cobalt.* La triéthylolamine $(CH^2OH.\ CH^2)^3N$ permet une séparation facile et rigoureuse de ces deux métaux, en présence d'un excès de soude ; à chaud le complexe de Ni qui se forme d'abord est complètement décomposé, tandis que tout le Co reste en solution. — M. **A. de Passillé** : *Thermochimie des arséniates d'ammonium.* — M. **P. Brauman** : *Sur les isoamyloxyvanadylsalicylates.* Si à une solution chaude et anhydre de $VOCl^2$ dans l'alcool isoamylique, on ajoute CO^3Li^2 en quantité théorique, puis après filtration du salicylate d'alcoyle ou d'aryle, l'isoamyloxyvanadylsalicylate correspondant précipite ou cristallise après refroidissement ; beaux cristaux bleu pâle à bleu foncé. — M. **Alf. Maillard** : *Sur l'hydrogénation de l'anthracène.* L'allure de l'hydrogénation de l'anthracène en présence de nickel réduit est analogue à celle du naphtalène. On observe les mêmes phénomènes : hydrogénation par étapes successives, réversibilité des réactions, stabilité thermique en présence de nickel réduit d'autant plus faible que le produit est plus hydrogéné. — MM. **E. Vellinger** et **G. Radulesco** : *Sur l'emploi de l'essence de craquage dans les moteurs à explosion.* Il n'y a pas de gommage dans le moteur lorsqu'on utilise de l'essence de craquage additionnée d'un inhibiteur. — MM. **G. Dupont** et **R. Dulou** : *Sur la présence d'alcool butylique secondaire actif dans certains fusels.* Une rectification très soignée, suivie d'une étude spectrographique des fractions obtenues, a montré aux auteurs que le pouvoir rotatoire constaté dans l'alcool propylique réputé pur du marché français est dû à la présence d'alcool butylique actif lévogyre. — M. **J. Wyart** : *Structure cristalline de la paratoluidine.* L'étude au microscope polarisant et un diagramme de Laue indiquent pour les cristaux de cette substance une symétrie orthorhombique ; $a = 5{,}98$ Å ; $b = 9{,}05$ Å ; $c = 23{,}3$ Å. La maille élémentaire renferme 8 mol.

(A suivre.)

SOCIETE DE BIOLOGIE

Séance du 18 *Mai* 1935.

MM. **Raoul Lecoq** et **Henri Villette** : *Les bacilles lactiques envisagés comme source de vitamines B.* Les bacilles lactiques introduits à raison d'un milliard par gramme dans une ration comportant par ailleurs 66 % de saccharose ne semblent pas apporter aux pigeons de vitamines B en quantité appréciable. Au contraire, la présence des bacilles paraît exagérer les besoins de cet animal en vitamines B, puisque des crises polynévritiques très nettes se produisent au bout de 1 à 2 mois, lorsque des doses de levures capables d'assurer normalement des survies de 4 à 6 mois sont ajoutées à la ration. Cette action des bacilles lactiques favorisant l'évolution de la polynévrite est à rapprocher de celle qui fut observée avec le *B. asthenogenes* dans le béribéri humain. — M. **Raoul Lecoq** : *Bacilles lactiques et déséquilibre alimentaire.* L'introduction de bacilles lactiques dans un régime où les glucides sont en proportions modérées entraîne des manifestations atténuées de déséquilibre alimentaire, comparables à celles qui s'observent avec le lactose. L'action thérapeutique due aux bacilles lactiques s'obtiendrait donc aussi bien par ingestion de lactose. L'imprégnation des tissus par l'acide lactique ou de proches dérivés semble être la cause des troubles polynévritiques observés dans le déséquilibre alimentaire comme dans l'avitaminose B. — M. **L. Nattan-Larrier** et Mlle **J. Dufour** : *Variations de* Trypanosoma rabinowitchi *dans les cultures.* Les souches de *T. rabinowitchi* repiquées depuis trois ans sur milieu N.N.N., n'ont conservé ni la morphologie, ni les conditions de végétation des souches primitives. Elles tendent à ne plus produire des éléments du type trypanosome, se rapprochent des trypanosomides des Insectes et ont acquis la propriété de donner des formes kystiques ainsi que des flagellés à extrémité postérieure lamelleuse et contournée qui rappellent les flagellés du latex des Euphorbes. — M. **D.-T. Barry**, M. **A. Chauchard** et Mme **B. Chauchard** : *Modifications de l'excitabilité réflexe respiratoire après la double vagotomie.* La double résection des pneumogastriques au cou provoque temporairement une hyperexcitabilicé des centres respiratoires ainsi qu'une hyperélectivité des sinus carotidiens ; par la suite s'établit un état d'équilibre, quoique la susceptibilité du sinus à l'action de certains agents pharmacologiques, et notamment de l'adrénaline, reste augmentée. — M. **Alexandre Besredka** : *De l'antigène tuberculeux à l'œuf.* En ensemençant des bacilles tuberculeux dans du jaune d'œuf en solution alcaline on obtient des cultures abondantes après 45 jours. Les autolysats de ces cultures, qui fixent l'alexine en présence des sérums tuberculeux, sont thermostables et à peine toxiques pour les cobayes tuberculeux. — M. **Mauricio Brando Schiller** : *L'action des surrénales sur les fonctions sexuelles du Rat.* Les expériences résumées ont porté sur 21 rats, 6 mâles et 15 femelles ; tous les animaux ont présenté les mêmes phénomènes : interruption des fonctions sexuelles par l'ablation totale des surrénales, et rétablissement de ces fonctions par les injections d'adrénaline. L'adrénaline doit donc jouer dans la production des hormones sexuelles un rôle semblable à celui qu'elle joue dans la fermentation du glycogène musculaire, d'où l'on doit admettre que les hormones sexuelles sont produites aussi par une réaction chimique fermentative. M. **Aduardo Vinals** : *Renforcement de l'action gonadotrope de l'urine de la femme gravide, par association avec la glande épiphysaire.* Si l'on injecte un mélange d'urine de femme enceinte et d'une macération d'épiphyse à des lapines adultes, l'action gonadotrope de

l'urine est accentuée : le nombre de follicules hémorragiques est plus grand et leur diamètre augmente considérablement. Cette action renforçante de l'épiphyse se manifeste aussi par le plus grand poids qu'atteint le caillot sanguin du follicule hémorragique dans l'expérience où l'on associe les deux produits. — M. **David I. Macht** et Mme **Hilah-F. Bryan** : *Influence des venins de serpent sur le comportement du rat dans un labyrinthe circulaire*. L'injection de petites doses de venin de cobra, chez des rats blancs entraînés à chercher leur nourriture dans un labyrinthe, produit une stimulation initiale qui peut être suivie ou non d'une dépression secondaire. L'injection de fortes doses du même venin produit une dépression immédiate. Le venin de crotale, même injecté à petites doses, produit une dépression immédiate se manifestant à la fois dans les réactions neuro-musculaires et dans le comportement des animaux pareillement entraînés. Les rats injectés avec du sérum de serpents, venimeux ou non, présentent des manifestations très toxiques, alors que l'injection du sérum normal d'homme ou de chat ne produit aucune réaction analogue — M. **E. Grasset** : *Procédé de culture des différents stades évolutifs du bacille tuberculeux et B.C.G (granulaire, filamenteux et bacillaire non acido-résistant et acido-résistant), à partir de lysats obtenus par congélation répétée*. En soumettant le bacille B.C.G. et tuberculeux vivant à un procédé de congélations répétées, on obtient des produits de lyse microbienne permettant, par ensemencement sur milieux de Sauton et appropriés, de suivre aisément les différents stades de développement de ces microorganismes, depuis la forme granulaire isolée non acido-résistante à la forme bacillaire non acido-résistante, et retour à la forme bacillaire originelle acido-résistante. — M. **L. Balozet** : *Action de la glycérine sur le sérum virulent dans l'anémie infectieuse*. Il semble que la glycérine attaque lentement et progressivement le virus de l'anémie infectieuse. Lorsque celui-ci est contenu dans le sérum, on remarque, après 4 mois de contact, une atténuation notable de la maladie provoquée. Après 7 mois, le virus paraît détruit. Cette action atténuante de la glycérine est à retenir. Elle pourrait, peut-être, permettre de provoquer, dans certaines conditions, une maladie légère, suivie de l'état de prémunition. — Mlle **E. de Kokas** et **G. de Ludany** : *Action de l'acide chlorhydrique introduit dans le duodénum sur l'absorption intestinale du glucose*. L'introduction préalable d'acide chlorhydrique dans le duodénum augmente d'environ 20 p. 100 la quantité de glucose absorbée. Comme l'introduction d'acide chlorhydrique dans le duodénum détermine, par l'entremise de la villikinine formée, une exagération des mouvements des villosités, le rôle de cette exagération dans l'absorption accélérée du glucose est nettement mis en évidence. — MM. **D. Santenoise**, **L. Merklen** et **M. Vidakovitch** : *Vagotonine et choc peptonique*. Les faits exposés dans la présente Note montrent que l'administration de vagotonine est suivie d'une augmentation nette de la sensibilité au choc peptonique. Cet accroissement de sensibilité est peut-être en rapport avec les importantes modifications du milieu humoral provoquée par l'administration de vagotonine. Ces faits expliquent peut-être en partie la sensibilité des vagotoniques aux chocs anaphylactiques ou anaphylactoïdes. Ils expliquent certains incidents observés en clinique, soit à la suite de l'emploi d'extraits vagotonisants imparfaitement purifiés ou altérés; soit à la suite de l'ingestion d'aliments tels que des œufs ou du poisson, capables de provoquer des accidents d'anaphylaxie alimentaire. — MM. **A. Tournade**, **Ch. Sarrouy** et **A. Curtillet** : *De l'action de l'émétine en injection intraveineuse sur les appareils vaso-moteurs et adrénalino-sécréteurs*. L'émétine, injectée dans les veines à doses fortes ou répétées, intoxique avant tout le myocarde, mais elle compromet aussi, à un certain degré et temporairement le jeu des appareils périphériques de la vaso-motricité et de l'adrénalino-sécrétion. — MM. **A. Tournade** et **Ed. Joltrain** : *Sur le mécanisme physiologique de l'hypotension déterminée par l'injection intraveineuse d'évipan*. — MM. **G. Ramon** et **E. Le Métayer** : *Sur une méthode de production rapide et intensive de l'immunité et de l'antitoxine tétanique chez les animaux; son intérêt pratique et théorique*. Des expériences faites sur des moutons et sur des chevaux ont montré que l'immunité conférée à ces animaux par deux injections d'antigène incorporé dans la lanoline est plusieurs milliers de fois plus élevée que celle due à deux doses de 10 c.c. (injectées à un mois d'intervalle) d'anatoxine seule. Il suffit de quatre injections de doses relativement minimes d'antigène enrobé dans la lanoline pour provoquer en peu de temps une production très abondante d'antitoxine (500 unités chez un cheval). L'organisme se montre donc capable d'annihiler complètement et rapidement la nocivité d'une quantité relativement considérable de toxine, tout en respectant son pouvoir antigène dont il tirera le meilleur profit pour la production de l'antitoxine spécifique.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 10-35